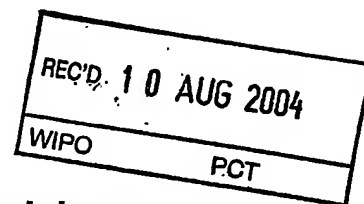


14.07.2004



EP04/7753



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

103 41 986.1

Anmeldetag:

9. September 2003

Anmelder/Inhaber:

Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen/DE

Bezeichnung:

Lithographie-Objektiv und Projektionsbelichtungs-
anlage mit mindestens einem solchen Lithographie-
Objektiv

IPC:

G 02 B, G 03 F

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 1. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

SL

Stremme

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Anmelder:

Carl Zeiss SMT AG
Carl-Zeiss-Strasse 22
73447 Oberkochen

Unser Zeichen: P 43317 DE

9. September 2003 Mu/so

Beschreibung

Lithographie-Objektiv und Projektionsbelichtungsanlage mit mindestens
einem solchen Lithographie-Objektiv

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objekzebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in der Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld sowie eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit mindestens ei-
- 10 nem solchen optischen Abbildungssystem.

- 1 Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen werden für die mikrolithographische Herstellung von Halbleiterbauelementen und anderen feinstrukturierten Bauteilen eingesetzt. Eine Projektionsbelichtungsan-
- 15 ge hat ein Beleuchtungssystem und ein dem Beleuchtungssystem nachgeschaltetes Projektionsobjektiv. Aufgabe des Beleuchtungssystems ist es, das Licht einer primären Lichtquelle, beispielsweise eines Lasers, so aufzubereiten, dass eine in einer Austrittsebene des Beleuchtungssystems angeordnete Maske (Retikel) mit einem abzubildenden Muster in
- 20 einer definiert vorgebbaren Weise beleuchtet werden kann. Die Maske befindet sich in der Objekzebene des nachgeschalteten Projektionsobjektivs, dessen Aufgabe es ist, das Muster der Maske mit höchster Auf-

lösung auf einen mit einer lichtempfindlichen Schicht beschichteten Gegenstand, z.B. einen mit einer Photoresistschicht beschichteten Halbleiterwafer, mit höchster Auflösung abzubilden.

- 5 Ein Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie ist ein komplexes beugungsbegrenztes optisches Abbildungssystem mit einer Vielzahl von Linsen, deren Anzahl und Durchmesser typischerweise zunimmt, je höher die Anforderungen an das Auflösungsvermögen und die optische Korrektur werden. Moderne Projektionsobjektive, die zur Auflösung von
- 10 typischen Strukturgrößen von 100 nm oder darunter ausgelegt sind und mit Ultraviolettlicht aus dem tiefen Ultraviolettbereich (DUV) arbeiten, haben häufig mehr als zwanzig Linsen, die bei katadioptrischen Systemen noch durch mindestens einen abbildenden Konkavspiegel ergänzt werden.
- 15
- Innerhalb des Beleuchtungssystems ist normalerweise ebenfalls mindestens ein optisches Abbildungssystem vorgesehen, um ein in einer Zwischenfeldebene des Beleuchtungssystems angeordnetes Beleuchtungsfeld in die Austrittsebene des Beleuchtungssystems abzubilden.
- 20 Eine wesentliche Aufgabe eines solchen Abbildungssystems ist es, die Eigenschaften des Beleuchtungslichtes hinsichtlich Feldgröße und Strahlverlauf an die eintrittsseitigen Erfordernisse des nachfolgenden Projektionsobjektivs anzupassen. Dabei spielt die Einstellung der Telezentrie des Beleuchtungslichts eine wesentliche Rolle. Solche Abbildungssysteme werden häufig als Relais-Objektiv bezeichnet. Dient das
- 25 Objektiv dazu, eine mit einer Retikel-Maskierungseinrichtung (REMA) ausgestattete Zwischenfeldebene des Beleuchtungssystems in die Austrittsebene des Beleuchtungssystems bzw. auf das Retikel abzubilden, wird auch die Bezeichnung REMA-Objektiv verwendet. Auch diese Ab-
- 30 bildungssysteme haben einen komplexen Aufbau mit einer Vielzahl von Linsen, die zum Teil große Durchmesser haben können.

Es wird schon seit langem versucht, durch den Einsatz von asphärischen Flächen (Asphären) eine günstigere Konstruktion der eingangs erwähnten Abbildungssysteme zu erzielen. Eine asphärische Fläche ist eine zur Reflexion oder Berechnung eines Lichtbündels dienende optische Fläche, die weder kugelförmig (sphärisch) noch eben ist. Bekanntlich schaffen asphärische Flächen zusätzliche Freiheitsgrade in den Korrekturmöglichkeiten, die für eine verbesserte optische Korrektur und/oder für eine Verringerung der Flächenzahl und/oder zur Bereitstellung besonderer optischer Eigenschaften genutzt werden können.

10

Das Patent US 4,906,080 zeigt eine Projektionsbelichtungsanlage mit Beleuchtungssystem und nachgeschaltetem Projektionsobjektiv. Um das vom Beleuchtungssystem bereitgestellte Licht an das Projektionsobjektiv anzupassen, enthält das Beleuchtungssystem ein Abbildungssystem mit mindestens einer asphärischen Fläche, die so berechnet ist, dass die Hauptstrahlwinkel der vom Beleuchtungssystem abgegebenen Strahlung im wesentlichen mit den Hauptstrahlwinkeln des nachfolgenden Projektionsobjektives übereinstimmen. Um diese Anpassung an die Telezentrierfordernisse des Projektionsobjektivs zu gewährleisten, ist bei einer Ausführungsform die letzte, der Austrittsebene bzw. Bildebene des Abbildungssystems zugewandte Linsenfläche eine asphärische Fläche, deren Flächenform die Strahlwinkelanpassung wesentlich bestimmt.

25

Die Patentanmeldung EP 1 316 832 (entsprechend WO 02/14924) zeigt ein Relais-Objektiv für ein Beleuchtungssystem einer Projektionsbelichtungsanlage, bei dem zur Reduzierung der Anzahl von Linsen und zur Gewichtsreduktion bei Beibehaltung seiner optischen Eigenschaften mehrere asphärische Flächen vorgesehen sind, wobei mindestens eine der Asphären in der Nähe der Objektebene oder in der Nähe der Bildebene, also in der Nähe einer Feldebene, angeordnet ist.

30

Die Patentanmeldung US 2002/0171944 A1 zeigt ein Beleuchtungssystem für eine Projektionsbelichtungsanlage, in dem ein Relais-Objektiv vorgesehen ist, das in drei Linsengruppen unterteilt ist. Eine der Objektebene nächste erste Linsengruppe hat eine Negativlinse mit einer zur
5 Objektebene weisenden Konkavfläche, eine zweite Linsengruppe mit einer Positivlinse und eine dritte Linsengruppe. In der ersten Linsengruppe ist mindestens eine der Linsenflächen asphärisch.

Die deutsche Patentanmeldung DE 196 53 983 (entsprechend US
10 6,366,410) zeigt ein REMA-Objektiv, bei dem es durch den Einsatz weniger asphärischer Flächen gelungen ist, die Anzahl der zu Reflexionsverlusten führenden Grenzflächen innerhalb des Systems und den die Absorption mitbestimmenden Glasweg innerhalb des Systems im Vergleich zum Stand der Technik zu reduzieren, so dass ein wesentlich
15 verbesserter Transmissionswirkungsgrad erreicht wird. Bei den asphärisierten Linsen ist jeweils eine Linsenfläche asphärisch. Bei manchen Ausführungsformen sind asphärische Flächen sowohl in der Nähe einer Pupillenebene des Abbildungssystems als auch in der Nähe der Objektebene und/oder der Bildebene angeordnet.

20 Das Patent EP 0 869 383 B1 zeigt ein doppelt-fokussierendes katadioptrisches Projektionsobjektiv mit Zwischenbild, bei dem eine Linse mit einer asphärischen Linsenfläche in der Nähe einer Feldebene und eine Linse mit einer asphärischen Linsenfläche in großem Abstand zu einer
25 Feldebene in der Nähe einer Pupillenebene angeordnet ist. Durch die Verwendung dieser Asphärenlinsen sollen die Verzeichnung und die sphärische Aberration gleichzeitig korrigiert werden können, ohne dass andere Aberrationen nachteilig beeinflusst werden.

30 Die europäische Patentanmeldung EP 1 079 253 (entsprechend WO 99/52004) zeigt katadioptrische Projektionsobjektive für einen Wellenlängenbereich von weniger als 180 nm, bei denen vier oder mehr asphä-

rische Flächen zur Unterstützung der optischen Korrektur vorgesehen sind. Aufgrund der hohen Anzahl von Asphären sind bei manchen Ausführungsformen an mehreren Stellen die einander zugewandten Linsenflächen benachbarter Linsen asphärische Flächen.

5

Die Patentanmeldung US 2003/0030916 A1 zeigt verschiedene refraktive Projektionsobjektive, die als Dreibauchsysteme mit drei Bäuchen und zwei dazwischen liegenden Taillen ausgebildet sind und eine Vielzahl von Asphären haben. Die Asphärenflächen sind in den Taillengebieten konzentriert, wobei bei einer Ausführungsform in Taillennähe vier aufeinanderfolgende Asphären vorgesehen sind.

10

Aus der EP 0 851 304 A2 ist die benachbarte Anordnung von asphärischen Linsenoberflächen benachbarter Linsen in einem Projektionsobjektiv bekannt. Die einander zugewandten, asphärischen Flächen sind im Bereich einer Pupillenebene des Projektionsobjektivs angebracht und nicht-rotationssymmetrisch. Sie sind in Radialrichtung relativ zueinander verschiebbar gelagert. Durch die Relativverschiebung wird die Differenz zwischen den einander zugewandten asphärischen Flächen und damit die kombinierte Wirkung der asphärischen Flächen verändert. Dadurch soll es möglich sein, die optischen Abbildungseigenschaften des Projektionsobjektivs variabel einzustellen.

15

20

25

30

Die internationale Patentanmeldung WO 01/50171 (entsprechend EP 1 242 843) zeigt refraktive Projektionsobjektive, die als Dreibauchsysteme mit drei Bäuchen und zwei zwischen den Bäuchen liegenden Taillen ausgelegt sind. Im Bereich der Taille zwischen einer der Objektebene folgenden ersten Linsengruppe mit positiver Brechkraft und einer darauffolgenden zweiten Linsengruppe mit negativer Brechkraft gibt es ein Paar von Linsen mit einander zugewandten, asphärischen Linsenoberflächen. Diese Anordnung von an verschiedenen Linsen benachbart zueinander angeordneten asphärischen Linsenoberflächen wird dort auch

als „Doppelasphäre“ bezeichnet. Durch den Einsatz mindestens einer Doppelasphäre im Bereich des ersten Bauches wurde im Vergleich zu Vorgängersystemen eine Korrektur von Eingangstelezentrie und Verzeichnung mit geringen Mitteln auf kurzer Distanz möglich, wobei gleichzeitig eine Steigerung der bildseitigen numerischen Apertur erzielt wurde.

Die vorteilhaften Wirkungen von Asphären ergeben sich im wesentlichen dadurch, dass es mit Hilfe von asphärischen Linsenflächen möglich ist, eine bestimmte, durch sphärische Linsenflächen nicht erzielbare Variation im radialen Brechkraftverlauf durch geeignete Deformation der Asphäre einzustellen. Um hier durch den Einsatz von Asphären ein Optimum an Freiheitsgraden für das optische Design zu erzielen, werden zunehmend Asphären mit starken Deformationen benötigt. Hierbei ergeben sich jedoch Probleme, da die Fertigung von asphärischen Linsenflächen mit starken Deformationen sowohl im Hinblick auf die Bearbeitung der asphärischen Linsenoberfläche, als auch im Hinblick auf die Prüfung der asphärischen Linsenoberfläche an technologische Grenzen stößt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage bereitzustellen, das zur Beeinflussung seiner Abbildungseigenschaften mehrere asphärische Linsenflächen enthält, wobei die Herstellung und Prüfung der asphärischen Flächen im Vergleich zum Stand der Technik vereinfacht ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein optisches Abbildungssystem mit dem Merkmal von Anspruch 1 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

Ein erfindungsgemäßes optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage dient zur Abbildung eines in einer Objekzebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld. Das

5 optische Abbildungssystem umfasst:

eine Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objekzebene und der Bildebene angeordnet sind und jeweils eine erste Linsenfläche und eine zweite Linsenfläche aufweisen,

wobei mindestens eine der Linsen eine Doppelasphärenlinse ist, bei der
10 die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche eine asphärische Fläche ist.

Das optische Abbildungssystem, das im folgenden auch als „Lithographie-Objektiv“ bezeichnet wird, hat somit mindestens zwei asphärische
15 Flächen, die an ein- und derselben Linse vorgesehen sind, so dass sowohl die Eintrittsfläche der Linse, als auch die Austrittsfläche der Linse asphärisch gekrümmt ist. Eine solche Linse wird im folgenden auch als „Biasphäre“ bezeichnet.

20 Die Erfinder haben herausgefunden, dass es durch Verwendung von Doppelasphärenlinsen dieser Art möglich ist, Linsen zu schaffen, die die Wirkung einer Asphäre mit sehr starker Deformation haben, und die dennoch so ausgelegt sein können, dass sie bei Verwendung herkömmlicher Verfahren zur Oberflächenbearbeitung und zur Prüfung der Oberflächen mit guter Qualität und vertretbarem Aufwand herstellbar sind.
25 Durch Asphärisierung beider Linsenflächen einer Linse kann gegebenenfalls ein starker radialer Verlauf der Brechkraft einer Asphäre erzeugt werden. Der Beitrag der einzelnen asphärischen Linsenflächen zum Brechkraftverlauf, und die damit verknüpfte Deformation der Einzelflächen, kann dennoch so gering gehalten werden, dass Herstellung und
30 Prüfung der Oberflächen mit vertretbarem Aufwand möglich sind.

Bei manchen Ausführungsformen sind die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse symmetrisch zueinander gestaltet. Auf diese Weise kann bei minimaler Deformation eine starke Asphärenwirkung erzielt werden. Symmetrische Doppelasphärenlinsen sind auch im Hinblick auf die Fertigung und Prüfung vorteilhaft, da für beide Linsenflächen im wesentlichen der gleiche Herstellungs- und Prüfprozess genutzt werden kann.

Die Doppelasphärenlinse kann eine bikonvexe Positivlinse oder eine bikonkave Negativlinse sein. Es sind auch Ausführungsformen möglich, bei denen die Doppelasphärenlinse eine Meniskuslinse ist, also eine Linse, bei der die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche gleichen Krümmungssinn haben. Doppelasphären können auch als Plankonvexlinse oder Plankonkavlinse mit einer im wesentlichen ebenen, jedoch asphärisierten ersten Linsenfläche und einer asphärisch gekrümmten zweiten Linsenfläche sowie als Planplatte mit beidseitig asphärischem Anteil ausgebildet sein.

Im Hinblick auf vereinfachte Fertigung und Prüfung hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben. Sie können also im wesentlichen identisch gestaltet sein.

Eine vereinfachte Prüfung kann dadurch erreicht werden, dass eine erste asphärische Linsenfläche und eine zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführt werden können. Bezogen auf eine Fläche vorgegebener Oberflächenform ist ein orthotomes Lichtbündel ein solches Lichtbündel, dessen Strahlen jeweils Normalen zu der Oberfläche sind, auf die das Lichtbündel fällt. Werden bei der Prüfung von Asphären Prüfoptiken verwendet, die so gestaltet sind, dass das austre-

tende Licht im wesentlichen senkrecht auf die zu prüfende Asphärenfläche fällt, so kann eine solche Prüfoptik unverändert zur Prüfung verschieden großer Asphären genutzt werden, solange deren Asphärenflächen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.

5

Generell sind erste und zweite asphärische Linsenflächen günstig, bei denen beide Flächen „ähnliche“ Asphären in dem Sinne sind, dass sie mit derselben Prüfoptik, gegebenenfalls bei unterschiedlichem Arbeits- oder Prüfabstand, prüfbar sind.

10

Die Vorteile, die sich dadurch ergeben, dass mindestens zwei asphärische Linsenfläche innerhalb eines optischen Abbildungssystems im wesentlichen identische Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben und/oder im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführt werden können und/oder im wesentlichen so gestaltet sind, dass sie mit der gleichen Prüfoptik prüfbar sind, können nicht nur bei der Verwendung erfindungsgemäßer Doppelasphärenlinsen genutzt werden. Vielmehr können zueinander ähnliche oder identische Asphären auch auf verschiedenen Linsen eines Abbildungssystems, gegebenenfalls mit großem Abstand zueinander und/oder mit mindestens einer dazwischenliegenden optischen Fläche, angeordnet sein. Die Vorteile hinsichtlich Herstellbarkeit und Prüfbarkeit bleiben erhalten.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die Doppelasphärenlinse in einem feldnahen Bereich des Abbildungssystems angeordnet und wirkt somit als Feldlinse. Ein „feldnaher Bereich“ in diesem Sinne ist insbesondere ein in der Nähe einer Feldebene des Abbildungssystems liegender Bereich, in dem die Randstrahlhöhe der optischen Abbildung kleiner als oder klein gegen die Hauptstrahlhöhe ist. Typischerweise beträgt im feldnahen Bereich die Randstrahlhöhe weniger als 50%, 40%, 30%, 20% oder 10% der Randstrahlhöhe im Bereich einer apertur-

begrenzenden Blende. Mit feldnahen Doppelasphärenlinsen ist eine wirksame Verzeichnungskorrektur sowie eine Einstellung der Telezentrie in der nächstliegenden Feldebene möglich.

- 5 Es gibt Ausführungsformen, bei denen das Abbildungssystem ein Relais-Objektiv bzw. REMA-Objektiv zur Abbildung eines in einer Zwischenfeldebene eines Beleuchtungssystems angeordneten Beleuchtungsfeldes in eine Austrittsebene des Beleuchtungssystems ist. Hier hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Doppelasphärenlinse
- 10 die letzte, der Bildebene nächstliegende des Abbildungssystems ist. Hierdurch kann die zentrale Funktion solcher Objektive, nämlich die Kompensation des Telezentriefehlers des nachfolgenden Projektionsobjektivs, optimal erfüllt werden, ohne dass Asphärenflächen mit zu starker Deformation gefertigt werden müssen. Die schon erwähnte symmetrische
- 15 Gestaltung hat sich als günstig herausgestellt, um im Vergleich zu herkömmlichen Systemen mit wesentlich geringeren lokalen Krümmung an der Oberfläche die gewünschte Asphärenwirkung zu erzielen. Da die Asphären eine große Variation im radialen Brechkraftverlauf bei moderater Deformation der Einzelflächen innerhalb eines kurzen Bauraumes
- 20 ermöglichen, ermöglichen feldnahe Biasphären die Generierung bzw. Kompensation großer Telezentriefehler.

- Während bei manchen Ausführungsformen die austrittsseitige Doppelasphäre eine gegebenenfalls symmetrische Bikonvexlinse ist, ist die der
- 25 Austrittsebene nächstliegende Doppelasphäre andere Ausführungsformen als Meniskuslinse gestaltet, insbesondere mit zum Objekt gerichteter Konkavseite, d.h. mit bildseitiger Konvexfläche.

- Gemäß einer Weiterbildung ist das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs. Das Projektionsobjektiv kann ein rotationssymmetrisches, rein
- 30

refraktives Projektionsobjektiv sein. Obwohl auch Systeme mit drei oder mehr Bäuchen zwischen Objektebene und Bildebene möglich sind, ist ein bevorzugtes Projektionsobjektiv als Zweibauchsystem mit einem objektseitigen Bauch, einem bildseitigen Bauch und einer dazwischen liegenden Taille ausgebildet. Ein solches System hat eine der Objektebene folgende erste Linsengruppe mit negativer Brechkraft, eine darauf folgende zweite Linsengruppe mit positiver Brechkraft, eine darauf folgende dritte Linsengruppe mit negativer Brechkraft, eine darauf folgende vierte Linsengruppe mit positiver Brechkraft und eine darauf folgende fünfte Linsengruppe mit positiver Brechkraft, wobei eine Systemblende im Übergangsbereich zwischen vierter und fünfter Linsengruppe angeordnet ist. Die Doppelasphärenlinse kann in der Nähe der Objektebene, insbesondere innerhalb der ersten Linsengruppe, angeordnet sein. Bei einer Ausführungsform hat die Doppelasphärenlinse negative Brechkraft, wobei sie insbesondere als bikonkave Meniskuslinse gestaltet ist. Wenn eine Doppelasphärenlinse die der Objektebene nächstliegende Linse des Abbildungssystems ist, so ist ein besonders starker Einfluss auf Telezentrie und Verzeichnungskorrektur auf kleinem Bauraum möglich.

Die Erfindung ist auch bei katadioptrischen Systemen mit oder ohne Zwischenbild nutzbar, insbesondere bei Systemen mit geometrischem oder physikalischem, polarisationsselektiven Strahlteiler. Beispielsweise kann eine feldnahe Doppelasphärenlinse im Eintrittsbereich nahe der Objektebene oder in der Nähe des Zwischenbildes vorhanden sein.

Die Erfindung ist für „Luftobjektive“ genauso nutzbar wie für „Immersionsojektive“. Ein Luftobjektiv in diesem Sinne ist ein Projektionsobjektiv, bei dem im Betrieb zwischen der bildseitigen Austrittsfläche und der Bildebene ein mit Luft oder einem anderen Gas gefüllter Zwischenraum besteht. Demgegenüber zeichnet sich ein Immersionsobjektiv dadurch aus, dass der Zwischenraum zwischen einer Austrittsseite des Objektivs

und der Bildebene im Betrieb mit einem Immersionsmedium mit hoher Brechzahl, beispielsweise einer Immersionsflüssigkeit wie Wasser, Perfluoropolyether (PFPE) oder dergleichen, ausgefüllt ist. In diesem Fall sind bildseitige numerische Aperturen $NA \geq 1$ möglich.

5

Bei der Gestaltung der asphärischen Linsenflächen werden im Hinblick auf Fertigung und Prüfung möglichst geringe Deformationen angestrebt. Die „Deformation“ einer asphärischen Linsenfläche ist hier definiert als das Ausmaß der Abweichung einer der Asphärenfläche bestangepassten sphärischen Linsenfläche (Hüllsphäre) von der asphärischen Linsenoberfläche. Die Hüllsphäre wird dabei so gelegt, dass sie die asphärische Linsenfläche an deren Scheitelpunkt und am äußeren Rand berührt. Im Hinblick auf die Fertigung ist es üblich, das Ausmaß der Deformation, d.h. den Abstand zwischen Hüllsphäre und asphärischer Oberfläche, in Radialrichtung der Hüllsphäre zu bestimmen. Unter konstruktiv-optischem Blickwinkel wird die Deformation alternativ als Abstand in Axialrichtung angegeben werden. In dieser Anmeldung wird letztgenannte Definition verwendet.

10

15

20

25

30

Asphären im Sinne dieser Anmeldung sind insbesondere sogenannte "Designasphären", die von Anfang an im optischen Design zur Optimierung des Systems vorgesehen sind. Solche Designasphären haben typischerweise maximale Deformationen von deutlich mehr als 1 bis 5 μm und unterscheiden sich von sogenannten "Korrekturasphären", die gelegentlich im Nachhinein in optische Abbildungssystem eingefügt werden, um Abbildungsfehler zu korrigieren. Asphären sind insbesondere alle optischen Flächen mit einer rotationssymmetrischen Abweichung von der Hüllsphäre, bei denen die Abweichung mehr als 5 μm beträgt. Nützliche Abweichungen liegen vorwiegend in der Größenordnung von 0,1 mm bis 1 mm.

Bei günstigen Ausführungsformen sind Asphärenflächen möglich, bei denen die maximale Deformation weniger als 500 μm , insbesondere weniger als 400 μm oder weniger als 300 μm beträgt. Dies erleichtert die Fertigung und Prüfung der Asphären.

5

Die Erfindung betrifft auch ein Designverfahren zur Erzeugung eines optischen Abbildungssystems für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Abbildungssystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten

10 Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld vorgesehen ist und eine Vielzahl von Linsen aufweist, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind, und wobei zur Beeinflussung der Abbildung eine Bereitstellung einer Asphärenwirkung mindestens einer asphärischen optischen Fläche zugelassen

15 ist. Bei dem Verfahren wird eine Berechnung einer ersten asphärischen Linsenfläche und mindestens einer zweiten asphärischen Linsenfläche durch entsprechende Algorithmen in einem Berechnungsprogramm so durchgeführt, dass eine Kombination der ersten und der zweiten asphärischen Linsenfläche zur Erzeugung der Asphärenwirkung ausgebildet

20 ist und dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind. Das Verfahren kann in bestehende Rechenprogramme durch geeignete Programmierung integriert werden.

25 Die vorstehenden und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für

30 sich schutzfähige Ausführungen darstellen können.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie;

5 Fig. 2 ist eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abbildungssystems, das als refraktives Zweibauch-Projektionsobjektiv ausgelegt ist;

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen Vergleichssysteme zum Projektionsobjektiv gemäß Fig. 2;

10

Fig. 5 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abbildungssystems, das als REMA-Objektiv für ein Beleuchtungssystem einer Projektionsbelichtungsanlage ausgelegt ist;

15 Fig. 6 und Fig. 7 zeigen schematische Diagramme zur Abhängigkeit der lokalen Krümmung C von der relativen Apertur auf asphärischen Linsenflächen einer symmetrischen Doppelasphärenlinse;

20 Fig. 8 zeigt ein Diagramm zur Pupillenfunktion des REMA-Objektives gemäß Fig. 5.

Fig. 9 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Telezentriefehlers von der Bildhöhe des REMA-Objektives gemäß Fig. 5 bei
25 verschiedenen Settings darstellt;

Fig. 10 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Uniformity-Fehlers von der Bildhöhe des REMA-Objektives gemäß Fig. 5 bei verschiedenen Settings darstellt;

30

Fig. 11 zeigt eine zweite Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

5 Fig. 12 zeigt eine dritte Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

Fig. 13 zeigt eine vierte Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

10 Fig. 14 zeigt in schematischer Darstellung die Auswirkung verschiedener Gestaltungen von Asphären auf die Form einer durchtretenden Wellenfront;

15 Fig. 15 zeigt einen Linsenschnitt durch den bildseitigen Endbereich eines katadioptrischen Immersions-Projektionsobjektivs; und

Fig. 16 zeigt eine Variante des in Fig. 15 gezeigten Projektionsobjektivs mit zueinander ähnlichen asphärischen Linsenflächen .

20 Bei der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen bezeichnet der Begriff „optische Achse“ eine gerade Linie durch die Krümmungsmittelpunkte der sphärischen optischen Komponenten bzw. durch die Symmetrieachsen von asphärischen Elementen. Richtungen und Abstände werden als bildseitig oder bildwärts beschrieben, wenn sie
25 in Richtung der Bildebene gerichtet sind und als objektseitig oder objektwärts, wenn sie in Bezug auf die optische Achse zum Objekt gerichtet sind.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Projektionsbelichtungsanlage
30 1 für die mikrolithographische Herstellung von integrierten Halbleiterbauelementen und anderen feinstrukturierten Bauteilen bei Auflösungen bis zu $0,1\ \mu\text{m}$ oder darunter. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 umfasst

ein Beleuchtungssystem 2 zur Beleuchtung einer in der Austrittsebene bzw. Bildebene 4 des Beleuchtungssystems angeordneten Photomaske 5 (Retikel), sowie ein Projektionsobjektiv 6, welches dazu vorgesehen ist, das in seiner Objektebene 4 angeordnete Muster der Photomaske in die Bildebene 7 des Projektionsobjektivs in verkleinerndem Maßstab abzubilden. In der Bildebene 7 befindet sich als zu belichtender Gegenstand ein mit einer lichtempfindlichen Schicht beschichteter Halbleiterwafer.

- 10 Als Lichtquelle des Beleuchtungssystems 2 dient ein Laser 8, beispielsweise ein im tiefem Ultraviolettbereich (DUV) gebräuchlicher Excimer-Laser mit einer Arbeitswellenlänge von 248 nm, 193 nm oder 157 nm. Das Licht des abgegebenen Lichtstrahls ist weitgehend linear polarisiert. Eine nachfolgende optische Einrichtung 9 formt das Licht der Lichtquelle und überträgt es in eine nachfolgende Lichtmischeinrichtung 10. Die optische Einrichtung 9 umfasst im gezeigten Beispiel einen dem Laser 8 nachgeschalteten Strahlaufweiter, der zur Kohärenzreduktion und Strahlformung auf einen rechtwinkligen Strahlquerschnitt mit einem Aspektverhältnis x/y seiner Seitenlängen von mehr als eins dient. Ein dem Strahlaufweiter nachfolgendes, erstes diffraktives optisches Rasterelement sitzt in der Objektebene eines nachfolgenden Zoom-Objektives, in dessen Austrittspupille ein zweites optisches Rasterelement vorgesehen ist. Von diesem tritt das Licht in eine Einkoppeloptik ein, welche das Licht in die Lichtmischeinrichtung überträgt. Das Licht wird innerhalb der Lichtmischeinrichtung 10 durch mehrfache innere Reflexion gemischt und homogenisiert und tritt am Austritt 11 der Lichtmischeinrichtung weitgehend homogenisiert aus. Unmittelbar am Austritt der Lichtmischeinrichtung ist eine Zwischenfeldebene, in der ein Retikel-Masking-System (REMA) 12, eine verstellbare Feldblende, angeordnet ist. Das nachfolgende Objektiv 13, welches auch als REMA-Objektiv bezeichnet wird, hat mehrere Linsengruppen, eine Pupillenebene 14 und einen Um-

lenkspiegel 15 und bildet die Zwischenfeldebene des Retikel-Masking-Systems auf das Retikel bzw. die Photomaske 5 ab.

Der Aufbau des bisher beschriebenen Beleuchtungssystems kann im wesentlichen dem in der EP 0 747 772 beschriebenen Aufbau entsprechen, deren Offenbarungsgehalt durch Bezugnahme zum Inhalt dieser Beschreibung gemacht wird.

Die Eintrittsebene 21 der Lichtmischeinrichtung 10, die mit der hinteren Brennebene der vorgelagerten Einkoppeloptik zusammenfällt, ist eine Feldebene des Beleuchtungssystems. Die Austrittsebene der Lichtmischeinrichtung, in deren Bereich das Retikel-Masking-System 12 angeordnet ist, ist ebenfalls eine Feldebene. Bei anderen Ausführungsformen mit ähnlichem Grundaufbau sind die bis zur Austrittsebene der Einkoppeloptik vorhandenen optischen Einrichtungen so gestaltet, dass die Beleuchtungsverteilung innerhalb dieser Feldebene ausreichend gleichmäßig ist. Bei diesen Ausführungsformen ist keine gesonderte Lichtmischeinrichtung vorgesehen, so dass das Retikel-Masking-System direkt im Bereich der Austrittsebene der Einkoppeloptik angeordnet sein kann.

Anhand Fig. 2 wird ein typischer Aufbau einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen, rein refraktiven Reduktionsobjektivs 200 gezeigt. Es dient dazu, ein in seiner Objektebene 202 angeordnetes Muster eines Retikels oder dergleichen in eine Bildebene 203 in reduziertem Maßstab abzubilden, beispielsweise im Maßstab 4:1 (Abbildungsmaßstab $\beta = 0,25$). Es handelt sich um ein rotationssymmetrisches Ein-Taillensystem bzw. Zweibauchsystem mit fünf aufeinander folgenden Linsengruppen, die entlang der senkrecht auf Objektebene und Bildebene stehenden optischen Achse 204 angeordnet sind. Die auf die Bildebene 202 folgende erste Linsengruppe LG1 hat negative Brechkraft (mit einer Brennweite von $-546,86$ mm). Eine darauf folgende zweite

Linsengruppe LG2 hat positive Brechkraft (mit einer Brennweite von 205,97 mm). Eine darauf folgende dritte Linsengruppe LG3 hat negative Brechkraft (und eine Brennweite von - 55,62 mm). Eine darauf folgende vierte Linsengruppe hat positive Brechkraft (und eine Brennweite von 216,53 mm). Eine darauf folgende fünfte Linsengruppe LG5 hat positive Brechkraft (und eine Brennweite von 121,10 mm). Durch diese Brechkraftverteilung wird ein Zweibauchsystem geschaffen, das einen objektseitigen Bauch 206, einen bildseitigen Bauch 208 und eine dazwischen liegende Taille 207 hat, in der ein Einschnürungsort X mit minimalem Strahldurchmesser liegt. In einem Übergangsbereich von der vierten Linsengruppe zur fünften Linsengruppe liegt im Bereich relativ großer Strahldurchmesser die Systemblende 205.

Die mit dem Projektionsobjektiv mögliche Abbildung kann durch den Verlauf ihrer Hauptstrahlen und Randstrahlen gekennzeichnet werden. Als Hauptstrahl A wird hier ein Strahl bezeichnet, der von einem äußeren Randpunkt des Objektfeldes parallel oder in spitzem Winkel zur optischen Achse verläuft und die optische Achse 204 im Bereich der Systemblende 205 schneidet. Ein Randstrahl B führt von der Mitte des Objektfeldes, d.h. von einem axialen Feldpunkt, zum Blendenrand einer Aperturblende, die normalerweise am Ort der Systemblende 205 oder in deren unmittelbarer Nähe sitzt. Ein Strahl C, der von einem äußeren Feldpunkt zum gegenüberliegenden Rand der Aperturblende führt, wird hier als Komastrahl bezeichnet. Der senkrechte Abstand dieser Strahlen zur optischen Achse ergibt die entsprechenden Strahlhöhen h_A , h_B und h_C .

Ein erster Linsenbereich LB1 beginnt an der Objektebene 202 und endet in der Ebene, in der sich der Randstrahl B und der Komastrahl C schneiden, so dass im ersten Linsenbereich LB1 die Bedingung $|h_B/h_C| < 1$ erfüllt ist. In diesem Linsenbereich LB1 ist die Hauptstrahlhöhe groß gegen die Randstrahlhöhe. Hier angeordnete Linsenflächen

werden als „besonders feldnah“ bezeichnet. Ein zweiter Linsenbereich LB2 erstreckt sich von der Objektebene 202 bis in den Bereich, in dem die Hauptstrahlhöhe und die Randstrahlhöhe betragsmäßig etwa gleich sind, wobei insbesondere $|h_B/h_A| < 1,2$ gilt. Die Länge des zweiten Linsenbereiches LB2 ist bei typischen Varianten erfindungsgemäßer Projektionssysteme kleiner als ein Drittel des Abstandes L zwischen Objektebene 202 und Bildebene 203. Dieser Objekt-Bild-Abstand wird auch als Baulänge des Projektionsobjektivs bezeichnet.

- 10 Die auf die Objektebene 202 folgende erste Linsengruppe LG1 ist im wesentlichen zuständig für die Aufweitung der Lichtbündel in den ersten Bauch 206 hinein. Als erste, unmittelbar auf die Objektebene 202 folgende Linse ist eine Negativlinse 211 mit zur Objektebene konvexer Eintrittsseite und bildseitig konkaver Austrittsseite vorgesehen. Beide Lin-
- 15 senflächen (Flächen 2 und 3 in Tabelle 1) sind asphärische Flächen, so dass die Negativlinse 211 hier auch als "Doppelasphärenlinse" oder "Bi-asphäre" bezeichnet wird.

- Es folgt eine doppelt-sphärische Meniskuslinse 212 schwacher Brechkraft und dahinter ein Positiv-Meniskus 213 mit objektseitiger asphärischer Konkavfläche. Die besonders feldnah angeordneten Asphärenflächen der Doppelasphärenlinse 211 tragen wirksam zur guten Korrektur der Verzeichnung und des Astigmatismus bei und unterstützen die Korrektur hinsichtlich Telezentrie.

25

- Die zweite Linsengruppe LG2 besteht aus vier Positivlinsen 214, 215, 216, 217. Eine eintrittsseitige Meniskuslinse 214 mit nahezu ebener, objektseitig konkaver Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche wird gefolgt von einer weiteren nahezu plankonvexen Positivlinse mit sphärischer Eintrittsfläche und nahezu ebener asphärischer Austrittsfläche.
- 30 Dahinter folgen ein doppelt-sphärischer Positiv-Meniskus 216 eine dicke Positiv-Meniskuslinse 217 mit sphärischer Eintrittsfläche und bildseitig

5 konkaver, asphärischer Austrittsfläche. Dieser Aufbau, bei dem die Krümmungen der Linsenflächen objektseitig und bildseitig einer zwischen den Linsen 214, 215 liegenden Ebene gegensinnig und mit voneinander abgewandten Konkavflächen verlaufen, gewährleistet kleine Flächenbelastungen für die Menisken und die Positivlinse und somit geringe Abberationen.

10 Die dritte Linsengruppe LG3 besteht aus drei Negativlinsen 218, 219, 220. Eine doppelt-sphärische Meniskuslinse 218 mit bildseitiger Konkavfläche wird gefolgt von einer objektseitig konkaven Negativ-Meniskuslinse 219 mit bildseitiger Asphäre und einer doppelt-sphärischen Bikonkavlinse 220. Im Eintrittsbereich der Linse 219 liegt die Ort X engster Einschnürung innerhalb der Taille 207.

15 Die vierte Linsengruppe LG4 eröffnet mit einer zur Objektebene konkaven Positiv-Meniskuslinse 221 mit asphärischer Eintrittsfläche, der ein Negativ-Meniskus 222 mit nahezu ebener Eintrittsfläche und sphärischer, bildseitig konkaver Austrittsfläche folgt. Hinter einer nachfolgenden, doppelt-sphärischen Bikonvexlinse 223 sitzt ein zur Bildebene konkaver Positiv-Meniskus 224 mit sphärischer Eintrittsseite und asphärischer Austrittsseite. Auffällig sind unter anderem die an der Austrittsseite des Meniskus 222 auftretenden großen Inzidenzwinkel im Bereich des divergenten Strahlbündels, die zur Korrektur beitragen.

25 Die fünfte Linsengruppe LG5 eröffnet mit einem doppelt-sphärischen Negativ-Meniskus 225 mit bildseitiger Konkavseite, der in den Bereich der Systemblende hineinragt. Diesem folgen sechs Positivlinsen 226, 227, 228, 229, 230, 231, von denen die erste Linse 226 bikonvex ist, während die übrigen als bildseitig konkave Positiv-Menisken ausgelegt sind. Die Austrittsseiten der Linsen 227 und 229 sind asphärisch, die anderen Linsenflächen sphärisch. Das System schließt mit einer planparallelen Platte 232 ab.

Das doppelt-telezentrische System hat einen objektseitigen Arbeitsabstand von ca. 32 mm und einen bildseitigen Arbeitsabstand von 5 mm. In Tabelle 1 ist die Spezifikation des Designs in bekannter Weise in tabellarischer Form zusammengefasst. Dabei gibt Spalte 1 die Nummer einer brechenden oder auf andere Weise ausgezeichneten Fläche, Spalte 2 den Radius r der Fläche (in mm), Spalte 3 den als Dicke bezeichneten Abstand d der Fläche zur nachfolgenden Fläche (in mm) und Spalte 4 das Material der optischen Komponenten an. Spalte 5 gibt die Brechzahl bzw. den Brechungsindex des Linsenmaterials an und in Spalte 6 sind die nutzbaren, freien Radien bzw. der halbe freie Durchmesser der Linsen (in mm) angegeben.

Bei der Ausführungsform sind elf der Flächen, nämlich die Flächen 2, 3, 6, 11, 15, 19, 22, 29, 36, 38 und 40 asphärisch. Tabelle 2 gibt die entsprechenden Asphärendaten an, wobei sich die asphärischen Flächen nach folgender Vorschrift berechnen:

$$p(h) = [((1/r)h^2)/(1 + \text{SQRT}(1 - (1+K)(1/r)^2h^2))] + C1 \cdot h^4 + C2 \cdot h^6 + \dots$$

Dabei gibt der Kehrwert $(1/r)$ des Radius die Flächenkrümmung und h den Abstand eines Flächenpunktes von der optischen Achse (d.h. die Strahlhöhe) an. Somit gibt $p(h)$ die sogenannten Pfeilhöhe, d.h. den Abstand des Flächenpunktes vom Flächenscheitel in z -Richtung, d.h. in Richtung der optischen Achse. Die Konstanten K , $C1$, $C2$, ... sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Das mit Hilfe dieser Angaben reproduzierbare optische System ist für eine Arbeitswellenlänge von ca. 193nm ausgelegt, bei der das für alle Linsen verwendete, synthetisches Quarzglas einen Brechungsindex $n = 1,5608$ hat. Die bildseitige numerische Apertur beträgt $NA = 0,95$. Das Objektiv hat eine Baulänge L (Abstand zwischen Bildebene und Objekt-

ebene) von 1101 mm. Bei einer Bildgröße von ca. 14 mm wird ein Lichtleitwert (Produkt aus numerischer Apertur und Bildgröße) von ca. 13,3 mm erreicht.

- 5 Besonderheiten dieses Designs werden nun im Zusammenhang mit Figuren 3 und 4 erläutert, die Vergleichssysteme zeigen, die bis auf den Bereich des Objektivetrtritts eine nahezu identische Linsenabfolge haben. Die Spezifikationen der Ausführungsform in Fig. 3 ist in den Tabellen 3 und 4 angegeben, diejenigen der Ausführungsform gemäß Fig. 4 in den Tabellen 5 und 6.

10 Alle drei Systeme haben im wesentlichen den gleichen, guten Korrektionszustand.

- 15 Bei dem Vergleichssystem in Fig. 3 wird die erste, der Objektebene 202 nächste Linse durch ein plankonkave Negativlinse 311 gebildet, bei der auf eine ebene Eintrittsfläche ein stark deformierte, asphärische Austrittsfläche (Fläche 3 in Tabelle 3) folgt. Diese asphärische Fläche hat eine maximale Deformation von ca. 1037 μm . Mit dieser starken Deformation kann das System insbesondere auch hinsichtlich Telezentrie und Verzeichnung gut korrigiert werden. Die Deformation ist jedoch so groß, dass es Schwierigkeiten bei der Herstellung und der Prüfung einer solchen Asphäre gibt.

- 25 Bei dem Vergleichssystem 400 gemäß Fig. 4 sind anstelle der einen Negativlinse 311 im objektnahen bzw. feldnahen Bereich zwei Negativlinsen 411, 411' vorgesehen. Bei beiden Negativ-Menisken ist die jeweils der Objektebene zugeordnete Eintrittsseite asphärisiert, während die zur Bildebene konkave Austrittsseite sphärisch gekrümmt ist. Da die für die Korrektur erforderliche Gesamtdeformation im feldnahen Bereich hier auf zwei asphärische Flächen (an unterschiedlichen Linsen) verteilt ist, können die Deformationen der einzelnen Asphärenflächen deutlich ge-

ringer gehalten werden als beim Beispiel gemäß Fig. 3, wodurch Fertigung und Prüfung erleichtert werden. Jedoch werden zwei zusätzliche Flächen eingeführt, die Lichtverluste verursachen können. Zudem werden an die relative Positionierung der nahe beieinanderliegenden Asphärenflächen hohe Anforderungen gestellt.

Die bei den Vergleichssystemen auftretenden Probleme können bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Fig. 2 vermieden werden. Bei der Negativlinse 211 ist die Gesamtdeformation auf die beiden asphärischen Linsenflächen verteilt, so dass eine Biasphäre gebildet wird. Die Deformationen der einzelnen Linsenflächen liegen im Bereich unterhalb 500 μm . Deformationen in diesem Bereich sind bei Herstellung und Prüfung gut beherrschbar, so dass eine solche Biasphäre mit hoher Güte hergestellt werden kann. Die Anordnung der als Feldlinse wirkenden Doppelasphärenlinse in unmittelbarer Nähe der Objektebene 202 erlaubt eine wirksame Korrektur von Feldaberrationen.

Alternativ oder zusätzlich können eine oder mehrere Biasphären auch in anderen Bereichen des Projektionsobjektives vorgesehen sein, beispielsweise im Bereich des bildseitigen Austritts

Anhand der Figuren 5 bis 13 wird beispielhaft der Einsatz von Biasphären im Feldlinsenteil von REMA-Objektiven beschrieben, mit denen innerhalb des Beleuchtungssystems der Bereich der durch das REMA-System gebildeten verstellbaren Blende in geeignetem Massstab (typischerweise zwischen ca. 1:1 und ca 1:4 bis 1:5) auf das zu belichtende Retikel abgebildet wird. Die Abbildungen sind somit in der Regel vergrößernd, können jedoch auch im wesentlichen ohne Feldgrößenänderung oder sogar geringfügig verkleinernd erfolgen.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform eines solchen REMA-Objektivs 500, das für Arbeitswellenlänge von 193 nm und eine annähernde 1:1-

- Abbildung ($\beta = 0,98$) ausgelegt ist. Die Spezifikation ist in den Tabellen 7 und 8 angegeben. Das Objektiv hat eine Objektebene 502, in der das Retikel-Masking-System angeordnet wird. Es folgt ein vor der Aperturblende 505 liegender Kondensorteil 550, der als Teilobjektiv ausgebildet ist. Hinter der Aperturblende 505 beginnt ein Zwischenteil 560, der sich zwischen der Aperturblende und einer gedachten Ebene 506 erstreckt, in der beispielsweise ein Umlenkspiegel angeordnet sein kann. Dahinter beginnt ein Feldlinsenteil 570, der in der Nähe der Bildebene 503, in der sich im Betrieb der Anlage ein zu belichtendes Retikel befindet, mehrere in der Nähe des Bildfeldes angeordnete Linsen umfasst. Die Lufträume im Bereich der Objektebene 502, im Bereich der Aperturblende 505, zwischen dem Zwischenteil 560 und dem Feldlinsenteil 570 sowie im Bereich der Retikelebene bzw. Bildebene 503 sind so großzügig bemessen, dass die dort anzuordnenden Teile und insbesondere das REMA-System (Bezugszeichen 12 in Fig. 1), Korrektorelemente in der Blendenebene, ein Umlenkspiegel (Bezugszeichen 15 in Fig. 1) und eine Retikel-Stage zum Verfahren der in der Bildebene anzuordnenden Masken problemlos untergebracht werden können.
- Eine Hauptfunktion des REMA-Objektivs 500 ist es, eine durch die Schneiden der REMA-Blende definierte Heli-Dunkel-Kante von der Objektebene 502 auf die Retikelebene 503 scharf abzubilden. Eine weitere Kernfunktion des REMA-Objektivs ist es, die Schwerstrahlrichtung der austretenden Strahlen auf wenige mrad (z.B. 3 mrad) an die Hauptstrahlrichtungen des nachfolgenden Projektionsobjektivs anzupassen. Dies ist gleichbedeutend mit der Forderung, in der Austrittsebene (Retikelebene 503) eine vorgegebene Pupillenfunktion mit geringsten Abweichungen zu reproduzieren.
- Der Kondensorteil 550 umfasst eine objektseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 511 mit sphärischer Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche und eine weitere Positiv-Meniskuslinse 512 mit sphäri-

scher Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche. Der hinter der Aperturblende folgende Zwischenteil 560 umfasst eine weitere Positiv-Meniskuslinse 513 mit sphärischer Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche. Der Feldlinsenteil 570 hat eine bildseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 514 mit asphärischer Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche, eine bildseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 515 mit sphärischer Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche, eine zerstreuende Plankonkavlinse 516 mit ebener Eintrittsfläche und asphärischer Austrittsfläche. Als letzte, austrittsseitige Linse des REMA-Objektivs ist eine Doppelasphärenlinse 517 mit asphärischer Eintrittsfläche und asphärischer Austrittsfläche vorgesehen. Dahinter folgen noch zwei Planplatten 518, 519 und das Retikel 520. Die Biasphäre 517 ist in Bezug auf eine senkrecht zur optischen Achse liegende Symmetrieebene im wesentlichen symmetrisch ausgebildet, so dass die asphärische Eintrittsfläche und asphärische Austrittsfläche im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander geformt sind. Fig. 6 zeigt hierzu zu Zwecken der Illustration schematisch den typischen Verlauf der lokalen Krümmung C der Eintrittsseite als Funktion der relativen Apertur (Re. Ap.) bei einer vergleichbaren Ausführungsform. Fig. 7 zeigt die entsprechende Darstellung für die Austrittsseite der Biasphäre. Ein Vergleich der Figuren zeigt die weitgehende Symmetrie der Krümmungsverläufe.

Das System hat zahlreiche Besonderheiten, von denen im Folgenden einige näher erläutert werden. Der Abbildungsmaßstab beträgt 1 : 0.98. Sämtliche Elemente mit einer Mittendicke von weniger als 10mm sind aus CaF_2 ($n=1,501403$ bei 193 nm) ausgeführt, um dort Compaction zu minimieren. Dies betrifft die Filterplatten 518, 519, das Retikel 520 und die vorletzte Linse 516. Dies kann vorteilhaft sein, denn es besteht der Verdacht, daß insbesondere dünne Linsen stärker unter Doppelbrechung durch Compaction leiden. Andere Linsen sind aus synthetischem Quarzglas ($n = 1,560318$). Die konkave Asphäre auf der Austrittsseite von Linse 515 ist so kontrolliert, daß ihre Abweichungen der Krümmun-

gen von einer Sphäre keine Wendepunkte enthält. Die Asphärenflächen der Doppelasphärenlinse 517, welche hauptverantwortlich für den Telezentrieverlauf sind, sind so kontrolliert, daß ihre Tangenten stets dasselbe Vorzeichen behalten. Zur einfacheren Fertigung sind die Asphären der ersten vier Linsen 511 bis 514 jeweils auf der konvexen Seite. Die Durchbiegung der Linse 513 ist klein gehalten, um Material zu sparen. Die pupillennahe Linse 513 ist aus CaF_2 , um bei kleinen Settings Strahlungsresistenz zu gewährleisten. Die Pupille ist auf eine Querabweichung von weniger als 0.75 mm optimiert. Damit ist es möglich, eine Blende zur Begrenzung der Settings einzuführen um ggf. Streulicht bei kleinen Settings zu minimieren. Die Baulänge beträgt 1418 mm.

Figur 8 zeigt diejenige Pupillenfunktion, die in der Feldebene 503 (Retikalebene) einzustellen ist. Dargestellt ist hierzu der Telzentriewinkel [mrad] als Funktion der Bildhöhe r [mm]. Fig. 9 zeigt die Abhängigkeit des Telezentriefehlers [mrad] von der Bildhöhe y . Es ist erkennbar, dass der maximale Telezentriefehler $< 0.2\text{mrad}$ beträgt, für ein annulares Setting $< 0.3\text{mrad}$. Aus Fig. 10 ist zu sehen, dass der in der Ordinate aufgetragene maximale Uniformity-Fehler $< 0.05\%$ beträgt, wobei ein Feldverlauf von bis 100.5% zum Vorhalten der Transmission bzw. der Schichteinflüsse eingestellt ist. Die plankonkave Negativlinse 516 dient als Manipulator zur Kompensation von Uniformitätsfehlern mit linearem Feldverlauf.

Die Biasphäre 517 ermöglicht eine große Variation im radialen Brechkraftverlauf bei moderater Deformation der Einzelflächen innerhalb eines sehr kurzen Bauraumes, der durch die axiale Dicke der Biasphäre bestimmt wird. Wird eine solche Biasphäre in unmittelbarer Nähe des Bildfeldes angebracht, so können große Telezentriefehler korrigiert werden bzw. es können in weiten Grenzen beliebige Pupillenfunktionen eingestellt werden. Trotz der starken Asphärenwirkung ist die Biasphäre hinsichtlich der Fertigung ihrer Oberflächen und der Prüfung der Oberflä-

chen relativ unproblematisch, da nur relativ geringe Flächendeformationen auftreten. Zudem können aufgrund der Symmetrie beide asphärischen Oberflächen mit ein und derselben Prüfoptik geprüft werden, was den Prüfaufwand erheblich erleichtert.

5

In Fig. 11 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithographie-Objektivs 600 gezeigt, das als REMA-Objektiv für 248 nm ausgelegt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 650, einen Zwischenteil 660 und ein Feldlinsenteil 670 ist hier die austrittsseitige Biasphäre 690 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkavfläche gestaltet.

10

Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab $\beta = -4,73$. Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,253mm erreicht. Die Pupillenfunktion (Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 9 angegeben, die Spezifikation ergibt sich aus Tabellen 10 und 11.

15

In Fig. 12 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithographie-Objektivs 700 gezeigt, das als REMA-Objektiv für 248 nm ausgelegt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 750, einen Zwischenteil 760 und ein Feldlinsenteil 770 ist hier die austrittsseitige Biasphäre 790 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkavfläche und relativ starker Krümmung gestaltet.

20

25

Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab $\beta = -4,73$. Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,251mm erreicht. Die Pupillenfunktion (Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 12 angegeben, die Spezifikation ergibt sich aus Tabellen 13 und 14.

30

In Fig. 13 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithographie-Objektivs 800 gezeigt, das als REMA-Objektiv für 248 nm ausgelegt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 850, 5 einen Zwischenteil 860 und ein Feldlinsenteil 870 ist hier die austrittsseitige Biasphäre 890 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkavfläche gestaltet.

Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab $\beta = -4,73$. 10 Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,244mm erreicht. Die Pupillenfunktion (Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 15 angegeben, die Spezifikation ergibt sich aus Tabellen 16 und 17.

15 Die bisherigen Beispiele zeigen Möglichkeiten, bei Lithographie-Objektiven eine Vielzahl von asphärischen Flächen zu nutzen, ohne bei der Fertigung und Prüfung aufgrund von starken Deformationen der Asphären an technologische Grenzen zu stoßen. Im Zusammenhang mit 20 Fig. 14 bis 16 werden weitere Maßnahmen zur Vermeidung solcher Probleme vorgeschlagen. Wie eingangs erwähnt, ist es ein üblicher Weg zur Verringerung der Asphärendeformation ,im optischen Design an einer Stelle mit stark deformierten Asphären weitere Asphären einzuführen, um die starke Deformation auf mehrere schwächer deformierte 25 Asphären zu verteilen. Die Erfinder haben nun herausgefunden, dass sich bei diesem Vorgehen große technologische Vorteile dadurch ergeben können, wenn anstelle einer stark deformierten Asphärenfläche zwei oder mehr identisch oder zumindest ähnlich asphärisierte Flächen mit entsprechend schwächerer Deformation genutzt werden. Eine Auftei- 30 lung in zwei oder mehr identische oder ähnliche Asphärenflächen erhöht zwar den Fertigungsaufwand geringfügig, da mehrere Flächen bearbeitet werden müssen. Jedoch kann die Flächenbearbeitung aller identi-

schen Asphären im wesentlichen nach dem gleichen Programm ablaufen. Insbesondere können identische und ähnliche Asphärenflächen mit den gleichen Prüfoptiken geprüft werden, so dass erheblicher Prüfaufwand eingespart werden kann.

5

Anhand von Fig. 14 wird dieser Grundgedanke näher erläutert. Fig. 14(a) zeigt eine planparallele Platte 900, die von einer ebenen Welle durchstrahlt wird. Anhand der schematisch eingezeichneten Wellenfront 901 ist ersichtlich, dass die ebene Welle vor der Planparallelplatte und

10 hinter der Planparallelplatte keine Aberrationen hat und somit eine ebene Welle bleibt. Wird nun entsprechend Fig. 14(b) eine Seite der Planparallelplatte mit einer Deformation $d(x, y)$ deformiert, so erhält die durchlaufende Wellenfront eine Wellenaberration, so dass eine leicht deformierte Welle 901' entsteht. Die Wellenaberration kann in nullter Ordnung
15 unmittelbar hinter der "dünnen" Platte im wesentlichen durch das Produkt $(n-1) \cdot d(x, y)$ beschrieben werden, wobei n der Brechungsindex der Platte ist. Wird gemäß Fig. 14(c) die Asphärizität ausgehend von Fig. 14(b) verdoppelt, verdoppelt sich auch die Wellendeformation.

20 Bringt man jedoch, wiederum ausgehend von der Situation in Fig. 14(b), auch auf der Austrittsseite der Planplatte nochmals eine identische asphärische Fläche auf, so kann erreicht werden, dass die Wellenaberration ebenso auf $2 \cdot (n-1) \cdot d(x, y)$ ansteigt (Fig. 14 (d)). Die Wirkungen der eintrittsseitigen Asphärenfläche und der austrittsseitigen Asphärenfläche der dadurch gebildeten Doppelashärenlinse 911 addieren sich
25 somit, so dass die Wirkung von einer Asphäre mit einer Deformation $2 \cdot d(x, y)$ zu stammen scheint. Daher ist es grundsätzlich denkbar, eine Asphäre mit der Deformation $2 \cdot d(x, y)$ auf zwei Asphären mit jeweils identischen Deformationen von $d(x, y)$ zu verteilen.

30

Ebenso kann man in einem optischen Abbildungssystem, beispielsweise einem Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie, eine Asphäre mit gro-

ßer Deformation auf zwei Asphären mit geringerer, aber gleicher oder ähnlicher Deformation verteilen bzw. eine Asphäre, deren Deformation größer als ein zulässiger Grenzwert zu werden droht, durch eine zweite, identische oder ähnliche Asphäre zu entlasten. Dies kann so durchge-
5 führt werden, dass die gesamte Deformation im wesentlichen der Summe der beiden Deformationen entspricht, so dass man zu scheinbar größeren, wirksamen Deformationen gelangen kann.

10 Stimmen die Flächenkrümmungen der einander ergänzenden asphärischen Flächen vollständig oder zumindest überwiegend überein, so kann zur Prüfung der zusätzlichen Asphärenfläche eine identische Prüfoptik eingesetzt werden. Somit wird bei der Prüfung kein Mehraufwand erzeugt, es muss lediglich die Anzahl der zu asphärisierenden Flächen erhöht werden.

15 Ausgehend von diesem Grundprinzip wird es in einem realen Design erforderlich sein, das Verfahrensergebnis durch eine Nachoptimierung zu unterstützen, um einem endlichen Abstand der beiden resultierenden Asphären Rechnung zu tragen.

20 Es ist im übrigen nicht zwingend, dass die einander entsprechenden, identischen oder ähnlichen Asphärenflächen direkt benachbart sind. Es ist auch möglich, dass zwischen den einander entsprechenden Asphärenflächen mindestens eine optische Fläche, beispielsweise eine sphärische Linsenfläche, liegt.
25

In weiterer Fortbildung des Verfahrens ist es grundsätzlich nicht notwendig, dass die einander entsprechenden asphärischen Flächen exakt identisch sind. Es hat sich gezeigt, dass es auch möglich ist, die einander ergänzenden bzw. entsprechenden asphärischen Flächen derart
30 "ähnlich" zu gestalten, dass sie mit derselben Prüfoptik (bei unterschied-

lichem Arbeits- oder Prüfabstand) prüfbar sind. Auch in diesem Fall ergeben sich noch erhebliche technologische Vorteile bei der Prüfung.

Bei einer Variante des Verfahrens ist vorgesehen, eine gewünschte
5 Asphärenwirkung zu erzeugen, indem mindestens zwei asphärische Flächen vorgesehen sind, die im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion auseinander hervorgehen bzw. ineinander überführt werden können. Dies bedeutet, dass die Flächennormalen der in diesem Sinne
10 ähnlichen asphärischen Flächen ein „im wesentlichen orthotomisches System“ bilden. Auf diese Weise können auch Asphären mit unterschiedlichen Absolutdimensionen mit einer identischen Prüfoptik geprüft werden, da die von der Prüfoptik bereitgestellte Prüfstrahlung bei allen zu einem orthotomischen System gehörenden Asphärenflächen senkrecht auf diese Asphärenflächen auftreffen kann und somit eine Prüfung
15 möglich ist.

Zwei oder mehr zu vergleichende Asphärenflächen müssen somit kein perfektes orthotomisches System bilden. Es genügt, wenn sie ein „im wesentlichen orthotomisches System“ bilden im nachfolgend erläuterten
20 Sinne: Denkt man sich zwei zu vergleichende Asphärenflächen zunächst bezüglich des Scheitelradius konzentrisch um einen Punkt angeordnet, so schließt eine Flächennormale der ersten Fläche mit der Flächennormalen auf der zweiten Fläche im jeweiligen Durchstoßpunkt einen Winkel α ein. Bei einem exakt orthotomischen System gilt $\alpha \equiv 0$ für alle möglichen Flächennormalen. Bei einem „im wesentlichen orthotomischen
25 System“ im Sinne der Anmeldung gilt

$$\sin(\alpha) \leq \frac{N}{(D/\lambda)}$$

wobei D der optisch freie Durchmesser der Asphärenfläche und λ die zur Prüfung benutzte Wellenlänge (z.B. 633 nm) ist. Der Scheitelabstand
30 der beiden Flächen muß nun nicht mehr durch die Differenz der Schei-

telradien gegeben sein sondern ist so zu wählen, daß der maximal auftretende Winkel α minimal wird. Im Sinne der Anmeldung handelt es sich insbesondere dann um „im wesentlichen orthotomische Systeme“, wenn $N = 50$, insbesondere $N = 10$ oder $N = 2$, gilt. Dies bedeutet, daß
5 dann bei einer interferometrischen Vermessung im Interferogramm eine Restkompensation von 50 oder 10 oder 2 Interferenzstreifen/Durchmesser auftritt.

10 Als ein Beispiel für die Vorteile dieses Designverfahrens zeigt Fig. 15 den bildseitigen Endbereich eines für 193 nm ausgelegten, katadioptrischen Immersionsprojektionsobjektivs 1000. In einem blendennahen Bereich zwischen Systemblende 1005 und Bildebene 1003 ist an der Austrittsseite eines annähernd plankonvexen Positiv-Meniskus eine relativ stark deformierte asphärische Fläche (Fläche 53) angebracht (maxi-
15 male Deformation ca. $400\mu\text{m}$). Bei dem entsprechenden System in Fig. 16 wurde die stark deformierte Asphärenfläche dadurch entlastet, dass an der ebenfalls zur Bildebene konkaven Austrittsfläche der darauffolgenden Positiv-Meniskuslinse eine weitere asphärische Fläche (Fläche 55) angebracht wurde, die im wesentlichen die gleiche Flächenbe-
20 schreibung wie diejenige der davorliegenden Asphärenfläche hat. Durch diese Maßnahme konnte die maximale Deformation von ca. $400\mu\text{m}$ auf etwa $200\mu\text{m}$ halbiert werden, so dass Fertigung und Prüfung vereinfacht sind. Darüber hinaus konnte die Systemperformance sogar von $12,0\text{m}\lambda$ auf $10,6\text{m}\lambda$ substantiell verbessert werden. Es wird vermutet, dass die
25 Verbesserung der Systemperformance zum Teil daraus resultiert, dass an den asphärischen Flächen Deformationen höherer Ordnungen reduziert werden können, wenn die Asphärizität auf mehr als eine Fläche verteilt wird. Die Spezifikation der Systeme ist in den Tabellen 18 und 19 (zu Fig. 10) und 20 und 21 (zu Fig. 11) angegeben.

Tabelle 1

r217v

FLAECHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.368 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	32.320000000	LUFTV193	1.00030168	56.080
1	0.000000000	0.000000000	LUFTV193	1.00030168	63.974
2	-1459.164104982AS	10.883642136	SIO2V	1.56078570	63.974
3	180.619581350AS	39.156911315	N2VP950	1.00029966	67.044
4	-107.911220584	84.781901584	SIO2V	1.56078570	68.729
5	-213.989607599	1.000000000	N2VP950	1.00029966	111.823
6	-412.845153739AS	45.792045149	SIO2V	1.56078570	120.332
7	-190.379523326	1.000000000	N2VP950	1.00029966	126.132
8	-4614.877843160	27.708693812	SIO2V	1.56078570	134.795
9	-457.274001084	1.000000000	N2VP950	1.00029966	135.949
10	420.000000000	30.000000000	SIO2V	1.56078570	137.193
11	35602.890285272AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.246
12	270.000000000	26.475451634	SIO2V	1.56078570	131.917
13	502.754294891	1.000000000	N2VP950	1.00029966	129.430
14	173.244893529	85.000000000	SIO2V	1.56078570	120.248
15	214.130898591AS	20.540800473	N2VP950	1.00029966	92.443
16	1272.514093441	39.820596617	SIO2V	1.56078570	90.281
17	110.781466896	74.295506424	N2VP950	1.00029966	68.947
18	-104.989672476	9.000000000	SIO2V	1.56078570	65.198
19	730.287776054AS	22.486936747	N2VP950	1.00029966	71.895
20	-307.597097235	9.262679110	SIO2V	1.56078570	75.360
21	451.935383561	17.226875006	N2VP950	1.00029966	83.667
22	-1494.299186899AS	38.937578772	SIO2V	1.56078570	87.442
23	-148.722559000	1.035639602	N2VP950	1.00029966	92.689
24	-3752.461411339	9.000000000	SIO2V	1.56078570	103.329
25	258.882844388	20.496820411	N2VP950	1.00029966	111.025
26	784.281838265	42.249678112	SIO2V	1.56078570	115.317
27	-299.834096576	1.000000000	N2VP950	1.00029966	119.214
28	252.743271757	38.035650313	SIO2V	1.56078570	152.454
29	462.923229099AS	46.891093164	N2VP950	1.00029966	151.679
30	0.000000000	-33.756526966	N2VP950	1.00029966	154.358
31	330.495802864	9.500000000	SIO2V	1.56078570	155.347
32	231.289261882	40.469468987	N2VP950	1.00029966	153.254
33	571.711143658	76.794483240	SIO2V	1.56078570	155.511
34	-290.609715959	1.000000000	N2VP950	1.00029966	157.318
35	237.617551020	57.120134799	SIO2V	1.56078570	153.853
36	1696.873918301AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	151.130
37	157.356137136	46.718690084	SIO2V	1.56078570	127.954
38	293.488395013AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	121.868
39	151.671762316	59.722817409	SIO2V	1.56078570	107.894
40	208.655839861AS	4.385810273	N2VP950	1.00029966	80.177
41	204.831099129	21.287882831	SIO2V	1.56078570	77.985
42	804.557271249	6.470098061	N2VP950	1.00029966	70.895
43	475.191683660	12.337210713	SIO2V	1.56078570	57.127
44	1142.238156752	5.049134278	N2VP950	1.00029966	48.974
45	0.000000000	9.468750000	SIO2V	1.56078570	36.676
46	0.000000000	5.000014319	LUFTV193	1.00030168	29.397
47	0.000000000	-0.000014316		1.000000000	14.020

Tabelle 2

ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 2

K 0.0000
 C1 1.09119463e-007
 C2 -5.30689084e-012
 C3 -1.09315970e-016
 C4 4.82752139e-020
 C5 -2.47155650e-023
 C6 1.58501935e-027
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 3

K 0.0000
 C1 -1.56384505e-007
 C2 1.06996314e-011
 C3 -1.05376927e-015
 C4 1.85697980e-019
 C5 -3.19176766e-023
 C6 2.00274942e-027
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 6

K 0.0000
 C1 3.83956125e-009
 C2 3.47868288e-013
 C3 -1.28803865e-017
 C4 1.18910850e-021
 C5 -4.25647183e-026
 C6 5.77188832e-031
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 11

K 0.0000
 C1 4.81120275e-009
 C2 4.13520576e-014
 C3 -5.36254054e-018
 C4 3.56325685e-022
 C5 -9.96093521e-027
 C6 1.64692958e-031
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 15

K 0.0000
 C1 -1.61331019e-008
 C2 3.52919257e-014
 C3 3.06661268e-017
 C4 -7.22002268e-021
 C5 4.16057249e-025
 C6 -2.31207963e-029
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 19

K 0.0000
 C1 1.27878859e-008
 C2 -4.13979560e-012
 C3 -4.07208879e-016
 C4 5.26377145e-020
 C5 -8.68076114e-025
 C6 -6.17849743e-029
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 22

K 0.0000
 C1 -3.87264754e-008
 C2 1.81612882e-012
 C3 -1.09323759e-016
 C4 2.55204344e-021
 C5 -1.38859668e-025
 C6 4.37920480e-030
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 29

K 0.0000
 C1 1.55648594e-009
 C2 7.87201037e-014
 C3 -7.46227893e-019
 C4 -8.47715974e-023
 C5 3.94573522e-027
 C6 -5.27152158e-032
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 36

K 0.0000
 C1 1.38463693e-009
 C2 9.34105890e-014
 C3 -3.31978125e-018
 C4 1.98461745e-022
 C5 -5.31913432e-027
 C6 7.36614617e-032
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 38

K 0.0000
 C1 1.23494614e-009
 C2 4.07836082e-013
 C3 5.52319264e-018
 C4 -1.06214092e-021
 C5 5.56801394e-026
 C6 -1.09523279e-030
 C7 0.00000000e+000
 C8 0.00000000e+000
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 40

K	0.0000
C1	1.76315794e-008
C2	3.90180649e-012
C3	1.77550556e-017

C4	-3.14301026e-021
C5	4.39156108e-025
C6	8.08125064e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Tabelle 3

r218v

FLÄCHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.368 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	32.000000000	LUFTV193	1.00030168	56.080
1	0.000000000	0.000000000	LUFTV193	1.00030168	63.909
2	0.000000000	17.844950703	SIO2V	1.56078570	63.909
3	141.364869321AS	42.976532865	N2VP950	1.00029966	68.570
4	-106.379969384	78.027724995	SIO2V	1.56078570	70.336
5	-166.687860454	1.000000000	N2VP950	1.00029966	108.096
6	-453.543565041AS	26.035967427	SIO2V	1.56078570	118.587
7	-232.687652830	1.000000000	N2VP950	1.00029966	122.253
8	-4175.612871634	34.571195540	SIO2V	1.56078570	132.347
9	-339.014596070	1.000000000	N2VP950	1.00029966	134.146
10	500.000000000	34.007738554	SIO2V	1.56078570	137.817
11	-1979.358317517AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	137.328
12	275.000000000	38.615595029	SIO2V	1.56078570	131.717
13	713.420881508	1.000000000	N2VP950	1.00029966	127.146
14	219.840025272	85.000000000	SIO2V	1.56078570	118.935
15	321.375540921AS	4.922289739	N2VP950	1.00029966	92.215
16	408.796272617	25.823140797	SIO2V	1.56078570	89.829
17	101.545676471	72.090709976	N2VP950	1.00029966	70.185
18	-113.185080136	9.000000000	SIO2V	1.56078570	65.216
19	-6276.526315852AS	30.855400278	N2VP950	1.00029966	68.772
20	-137.418484927	17.333137381	SIO2V	1.56078570	70.621
21	413.789552546	20.404389259	N2VP950	1.00029966	84.304
22	-625.367774639AS	35.350033804	SIO2V	1.56078570	87.244
23	-140.888106901	1.000000000	N2VP950	1.00029966	91.874
24	2331.984028426	9.000000000	SIO2V	1.56078570	105.044
25	250.875405170	22.125324131	N2VP950	1.00029966	111.593
26	835.343130512	39.746104742	SIO2V	1.56078570	115.758
27	-326.784324219	1.000000000	N2VP950	1.00029966	119.638
28	255.433855640	46.317736953	SIO2V	1.56078570	153.611
29	490.028436327AS	42.760537386	N2VP950	1.00029966	152.582
30	0.000000000	-32.760537386	N2VP950	1.00029966	154.980
31	341.273585728	9.000000000	SIO2V	1.56078570	156.026
32	236.023249432	38.136711957	N2VP950	1.00029966	154.319
33	538.352989022	76.926527135	SIO2V	1.56078570	156.695
34	-303.854952853	1.000000000	N2VP950	1.00029966	158.497
35	242.471332890	55.345758805	SIO2V	1.56078570	156.649
36	1273.475455674AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	154.009
37	165.078804777	51.848716746	SIO2V	1.56078570	133.227
38	360.689088970AS	2.381005965	N2VP950	1.00029966	127.273
39	155.800125543	60.708631213	SIO2V	1.56078570	109.767
40	257.289833789AS	3.059278416	N2VP950	1.00029966	83.432
41	214.574391728	23.013966672	SIO2V	1.56078570	79.983
42	581.722478991	7.376730203	N2VP950	1.00029966	70.287
43	432.957343908	11.524326583	SIO2V	1.56078570	56.460
44	953.963555708	5.255374130	N2VP950	1.00029966	48.919
45	0.000000000	9.375000000	SIO2V	1.56078570	36.611
46	0.000000000	5.000014179	LUFTV193	1.00030168	29.403
47	0.000000000	-0.000014174		1.000000000	14.020

Tabelle 4

ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 3

K	0.0000
C1	-2.86481339e-007
C2	1.33428721e-011
C3	-1.15140908e-015
C4	9.48184306e-020
C5	-5.08944755e-024
C6	1.72476575e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 6

K	0.0000
C1	-1.00040949e-008
C2	1.91234847e-014
C3	-3.08640325e-018
C4	2.26769898e-022
C5	-1.40237554e-027
C6	3.92572161e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 11

K	0.0000
C1	-1.62545449e-009
C2	-8.02017004e-014
C3	9.07741798e-019
C4	6.22361354e-023
C5	7.91274435e-029
C6	-2.44533345e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 15

K	0.0000
C1	-5.34383332e-008
C2	2.24730624e-012
C3	2.71223685e-018
C4	-5.23845943e-021
C5	1.96396121e-025
C6	-1.58673005e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 19

K	0.0000
C1	1.79672442e-009
C2	-6.77223099e-012
C3	-3.96951402e-016
C4	2.97275706e-020
C5	1.64172060e-024
C6	-2.76013991e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 22

K	0.0000
C1	-3.46618935e-008
C2	1.24390269e-012
C3	-4.83656616e-017
C4	1.75302648e-022
C5	1.21150441e-025
C6	-1.12186612e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 29

K	0.0000
C1	2.91242380e-009
C2	5.36672462e-014
C3	-3.84138467e-019
C4	-5.83775573e-023
C5	3.05838142e-027
C6	-4.39732968e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 36

K	0.0000
C1	1.34059170e-009
C2	1.06725317e-013
C3	-3.54947088e-018
C4	1.30852468e-022
C5	-2.68379318e-027
C6	3.47219208e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 38

K	0.0000
C1	2.63154343e-009
C2	2.84724714e-013
C3	1.03599926e-018
C4	-5.71879023e-022
C5	3.15244493e-026
C6	-4.20712791e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 40

K	0.0000
C1	9.80415755e-009
C2	4.75026576e-012
C3	-1.99060433e-016
C4	9.51377978e-021
C5	-4.27716194e-025
C6	-5.70277764e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Tabelle 5

r221v

	FLÄCHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.368 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0		0.000000000	32.320000000	LUFTV193	1.00030168	56.080
1		0.000000000	0.000000000	LUFTV193	1.00030168	63.987
2	-1414.283119543AS		8.000000000	SIO2V	1.56078570	64.113
3	424.792851760		5.648215816	N2VP950	1.00029966	65.856
4	1299.539331232AS		8.000000000	SIO2V	1.56078570	67.145
5	235.797454960		42.846403790	N2VP950	1.00029966	69.121
6	-102.370191138		69.189096195	SIO2V	1.56078570	70.860
7	-172.393415521		1.000000000	N2VP950	1.00029966	107.074
8	-311.506629059AS		37.876409079	SIO2V	1.56078570	116.081
9	-198.729331749		1.000000000	N2VP950	1.00029966	122.907
10	10618.353983725		37.816832272	SIO2V	1.56078570	134.690
11	-345.414077618		1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.145
12	400.000000000		25.074567519	SIO2V	1.56078570	137.066
13	1543.425862196AS		1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.002
14	250.000000000		44.417771731	SIO2V	1.56078570	132.858
15	424.538863322		1.000000000	N2VP950	1.00029966	125.810
16	174.877745836		70.000000000	SIO2V	1.56078570	118.444
17	243.447507091AS		14.188161571	N2VP950	1.00029966	98.000
18	484.930164939		48.000000000	SIO2V	1.56078570	95.965
19	111.938442661		77.053811810	N2VP950	1.00029966	71.061
20	-109.460895056		9.000000000	SIO2V	1.56078570	65.591
21	438.039183085AS		23.422549148	N2VP950	1.00029966	71.158
22	-202.054583818		9.000000000	SIO2V	1.56078570	72.631
23	465.572943863		16.082181763	N2VP950	1.00029966	82.930
24	-1172.049223927AS		36.326480405	SIO2V	1.56078570	86.214
25	-145.267929878		1.000000000	N2VP950	1.00029966	90.911
26	1353.417341936		9.000000000	SIO2V	1.56078570	105.237
27	254.308618512		21.441664729	N2VP950	1.00029966	111.540
28	808.549194446		40.139409419	SIO2V	1.56078570	115.722
29	-324.795643495		1.000000000	N2VP950	1.00029966	119.584
30	259.623325413		30.156883912	SIO2V	1.56078570	152.402
31	442.106202542AS		49.702134449	N2VP950	1.00029966	152.056
32	0.000000000		-35.918141056	N2VP950	1.00029966	155.705
33	321.189339694		13.200000000	SIO2V	1.56078570	156.875
34	235.938498925		38.959238636	N2VP950	1.00029966	154.952
35	548.092450535		78.619078346	SIO2V	1.56078570	157.303
36	-295.129602720		1.000000000	N2VP950	1.00029966	159.105
37	257.343015350		56.517809884	SIO2V	1.56078570	155.780
38	3502.742343640AS		1.000000000	N2VP950	1.00029966	153.286
39	153.633385258		50.277016535	SIO2V	1.56078570	128.279
40	298.509028204AS		1.000000000	N2VP950	1.00029966	122.045
41	149.675345185		60.980134477	SIO2V	1.56078570	107.243
42	190.178192400AS		5.453949973	N2VP950	1.00029966	77.382
43	197.572510486		20.628074249	SIO2V	1.56078570	75.169
44	718.043747110		5.783836616	N2VP950	1.00029966	68.036
45	479.704970402		11.372838185	SIO2V	1.56078570	56.262
46	1276.727595948		4.938062857	N2VP950	1.00029966	48.931
47	0.000000000		9.468750000	SIO2V	1.56078570	36.649
48	0.000000000		5.000014315	LUFTV193	1.00030168	29.372
49	0.000000000		-0.000014316		1.000000000	14.020

Tabelle 6

ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 2

K	0.0000
C1	2.08525794e-007
C2	-3.19987515e-011
C3	3.56280613e-015
C4	-3.77486884e-019
C5	2.10578968e-023
C6	-2.70937745e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 4

K	0.0000
C1	3.64477027e-008
C2	2.00816645e-011
C3	-2.98745270e-015
C4	2.91202348e-019
C5	-1.79522903e-023
C6	3.55575104e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 8

K	0.0000
C1	8.55962248e-009
C2	2.04733903e-013
C3	-6.43943314e-018
C4	5.73836441e-022
C5	-1.59385846e-026
C6	4.68346251e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 13

K	0.0000
C1	7.03699560e-009
C2	-1.52661867e-014
C3	-3.99418159e-018
C4	1.88604871e-022
C5	-4.98713537e-027
C6	1.16946921e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 17

K	0.0000
C1	-9.76738019e-009
C2	1.42039979e-013
C3	2.09426135e-017
C4	-3.11005072e-021
C5	1.30236376e-025
C6	-9.13097296e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 21

K	0.0000
C1	1.14826642e-008
C2	-5.23285076e-012
C3	-3.60906300e-016
C4	4.17780521e-020
C5	4.11241516e-025
C6	-1.26961570e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 24

K	0.0000
C1	-3.11670458e-008
C2	1.40028813e-012
C3	-1.04629804e-016
C4	9.68145933e-022
C5	-8.29015519e-026
C6	-2.79089191e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 31

K	0.0000
C1	2.31274915e-009
C2	5.27830899e-014
C3	-2.07768704e-018
C4	-6.60919096e-023
C5	4.30024872e-027
C6	-5.82559285e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 38

K	0.0000
C1	1.22133020e-009
C2	9.82170002e-014
C3	-4.08875155e-018
C4	2.25637760e-022
C5	-5.76550179e-027
C6	7.24587177e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 40

K	0.0000
C1	2.01766742e-009
C2	3.58703800e-013
C3	1.38458390e-017
C4	-1.65456142e-021
C5	8.49511243e-026
C6	-1.87184616e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

FLAECHE NR. 42

K	0.0000
C1	2.38088222e-008
C2	4.23623902e-012
C3	3.32178613e-017

C4	9.51247573e-021
C5	-1.75917666e-024
C6	2.13969194e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Tabelle 7

Fläche Nr.	Typ	Radius [mm]	Mittendicke [mm]	Material	Halber Durchmesser [mm]
	Objekt--ebene		79.2500		
1	Sphäre	-99.4350	48.0000	'SIO2HL'	69.6
2	Asphäre A(1)	-101.0810	156.6400		86.1
3	Sphäre	-723.0640	70.0000	'SIO2HL'	120.7
4	Asphäre A(2)	-183.9000	340.9100		126.9
	Stop		124.2000		73.5
5	Sphäre	-180.6640	40.0000	'CAF2HL'	93.6
6	Asphäre A(3)	-141.0650	107.0000		102.1
	Spiegel	∞	138.7300		150.2
7	Asphäre A(4)	172.4900	50.0000	'SIO2HL'	136.0
8	Sphäre	596.7120	47.4580		133.5
9	Sphäre	170.4950	56.0000	'SIO2HL'	117.3
10	Asphäre A(5)	194.7400	30.7260		107.5
11	Sphäre	infinity	7.2500	'CAF2HL'	93.4
12	Sphäre	107.4480	30.7500		75.8
13	Asphäre A(6)	413.1300	24.6400	'SIO2HL'	74.8
14	Asphäre A(7)	-199.5060	1.2500		72.9
15	Sphäre	∞	3.0500	'CAF2HL'	70.8
16	Sphäre	∞	1.2500		70.3
17	Sphäre	∞	3.0500	'CAF2HL'	70.0
18	Sphäre	∞	51.4480		69.6
19	Sphäre	∞	6.3000	'SIO2HL'	57.3
20	Sphäre	∞	0.0000		56.8
	Bildebene		0.0000		56.8

Tabelle 8

Asphäre	Krümmung	K	A	B	C	D	E
A(1)	-0.00989306	-1.016679	-6.011E-08	-2.104E-12	-8.452E-17	-9.101E-21	0.000E+00
A(2)	-0.00543774	0.172377	1.415E-08	5.799E-13	-5.406E-18	8.810E-22	0.000E+00
A(3)	-0.00708893	-0.740223	-1.794E-08	1.226E-13	-3.779E-17	1.585E-21	0.000E+00
A(4)	0.00579744	-0.487512	-1.532E-08	8.915E-14	-3.181E-19	-1.307E-22	0.000E+00
A(5)	0.00513505	-1.224675	-1.442E-07	7.613E-13	1.473E-16	-3.805E-21	0.000E+00
A(6)	0.00242055	-5.404462	-1.062E-07	8.090E-12	-3.350E-16	7.063E-19	-1.193E-22
A(7)	-0.00501238	1.430927	1.452E-07	1.114E-11	1.352E-15	5.307E-19	-9.312E-23

Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,34	0,09
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,90	0,06
44,6	-2,65	0,10
38,3	-3,76	-0,01
31,9	-4,21	-0,10
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,29	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,08

Tabelle 9

Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,34	0,09
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,92	0,04
44,6	-2,64	0,10
38,3	-3,74	0,01
31,9	-4,19	-0,09
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,30	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,09

Tabelle 12

Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,32	0,07
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,92	0,04
44,6	-2,64	0,10
38,3	-3,74	0,01
31,9	-4,20	-0,09
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,30	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,09

Tabelle 15

Tab. 10

	RADIUS	DICKE	248.3	EPS	248.8
1*****		45.143	1.0	1.0	1.0
2	-31.6971	28.136 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
3	-47.9230	39.292	1.0	1.0	1.0
4	428.1252	66.494 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
5	-150.7305	18.557	1.0	1.0	1.0
6	195.9789	44.285 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
7	471.9253	163.776	1.0	1.0	1.0
8	-601.7158	22.837 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
9	-248.8469	22.518	1.0	1.0	1.0
	BLENDE	-.000			
10*****		16.000	1.0	1.0	1.0
11*****		50.950	1.0	1.0	1.0
12	271.7523	46.762 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
13	-332.7323	16.448	1.0	1.0	1.0
14	1632.0761	13.064 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
15	125.5812	155.737	1.0	1.0	1.0
16*****		357.505	1.0	1.0	1.0
17	-406.8452	24.422 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
18	-175.1262	4.072	1.0	1.0	1.0
19*****		4.000 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
20*****		60.000	1.0	1.0	1.0
21*****		.000	1.0	1.0	1.0
22*****			1.0	1.0	1.0

FLAECHE ASPHAERISCHE KONSTANTEN

5	A	.36275241E-07	.14555048E-11	-.25367843E-16	.64827842E-21	.000000000E+00
9	A	.01609567	.44063917E-07	.16962313E-11	.54237049E-20	.000000000E+00
17	A	-.00048398	.45060462E-07	.70280547E-11	.000000000E+00	.000000000E+00
18	A	.00003906	.48624218E-07	.27774765E-10	.94856328E-18	-.37136823E-22
			.000000000E+00	.000000000E+00		.000000000E+00

Tab. 11

Tab. 13

	RADIUS	DICKE	248.3	EPS	248.8
1*****		68.629	1.0		1.0
2	-41.3402	37.553 SUPRA1	1.0		1.0
3	-65.1683	1.899	1.508366	-.055	1.508088
4	-1821.9029	52.155 SUPRA1	1.0		1.0
5	-165.0414	20.937	1.508366	-.055	1.508088
6	277.4757	67.266 SUPRA1	1.0		1.0
7	-381.8306	200.731	1.508366	-.055	1.508088
8*****		17.900	1.0		1.0
	BLENDE	.000			
9*****		19.430	1.0		1.0
10	169.1379	50.513 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
11	-2197.7333	72.898	1.0		1.0
12	350.2263	11.856 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
13	103.0750	128.232	1.0		1.0
14*****		339.584	1.0		1.0
15	-183.2474	21.658 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
16	-114.7171	24.758	1.0		1.0
17*****		4.000 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
18*****		60.000	1.0		1.0
19*****		.000	1.0		1.0
20*****			1.0		1.0

Tab. 14

FLAECH	ASPHAERISCHE KONSTANTEN	248.3	EPS	248.8
4	A	.33072665E-08	-.27728125E-12	.66528381E-16
		.00088826	.00000000E+00	.00000000E+00
7	A	.00146323	-.73089141E-13	.70178044E-17
		.23687863E-07	.00000000E+00	.00000000E+00
11	A	.00013830	-.16796245E-12	.59248839E-17
		.41436721E-07	.00000000E+00	.00000000E+00
15	A	-.02425149	-.10248697E-11	.27847883E-14
		-.95943615E-07	.00000000E+00	.00000000E+00
16	A	-.00011652	.24137738E-10	.59574191E-14
		-.37799825E-07	.00000000E+00	.00000000E+00
		.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00

Tabelle 18

j124o

Fl.Nr.	Radius	Dicke/Abstand	Material	refr. Index	fr. Durchm.
0	0	40		1	136
1	0	0		1	162,238
2	0	10	SIO2HL	1,56018811	162,238
3	0	90,00242783		1	166,316
4	0	126,1714501		1	225,352
5	284,819283	88,25879422	SIO2HL	1,56018811	346,704
6	-718,846875	67,94464464		1	344,764
7	332,99532	29,58650607	SIO2HL	1,56018811	277,8
8	229,906571	87,36888257		1	252,304
9	-221,626736	15	SIO2HL	1,56018811	247,846
10	-858,351043	96,28958137		1	258,722
11	-223,041108	15	SIO2HL	1,56018811	272,15
12	-610,039132	43,05996383		1	300,996
13	-221,235303	15	SIO2HL	1,56018811	303,626
14	-496,460616	39,93674981		1	353,65
15	0	0		-1	488,926
16	261,673247	39,93674981		1	358,9
17	496,460616	15	SIO2HL	1,56018811	352,086
18	221,235303	43,05996383		1	294,964
19	610,039132	15	SIO2HL	1,56018811	288,496
20	223,041108	96,28958137		1	256,802
21	858,351043	15	SIO2HL	1,56018811	225,826
22	221,626736	87,36888257		1	211,74
23	-229,906571	29,58650607	SIO2HL	1,56018811	209,998
24	-332,99532	67,94464464		1	221,786
25	718,846875	88,25879422	SIO2HL	1,56018811	233,566
26	-284,819283	148,919977		1	231,788
27	0	117,2478983		1	163,64
28	0	24,99733735		1	242,922
29	603,370765	39,04445671	SIO2HL	1,56018811	270,182
30	-636,597636	0,948767519		1	272,294
31	342,176859	50,00126936	SIO2HL	1,56018811	277,832
32	17319,8551	73,84714255		1	272,836
33	-218,591907	8,99910435	SIO2HL	1,56018811	262,016
34	904,679885	54,19491053		1	281,338
35	-680,586753	54,40626463	SIO2HL	1,56018811	299,432
36	-220,41366	5,817238376		1	305,088
37	500,62792	15,60974916	SIO2HL	1,56018811	297,022
38	198,761197	53,16103132		1	282,566
39	814,404669	36,98819327	SIO2HL	1,56018811	289,582
40	-871,120646	0,949164971		1	294,484
41	835,76703	39,91455494	SIO2HL	1,56018811	307,664
42	-726,054716	0,949236893		1	309,074
43	317,363233	57,34718751	SIO2HL	1,56018811	309,176
44	3960,12424	39,5720585		1	301,446
45	-420,71174	9,499467238	SIO2HL	1,56018811	297,386

REFL
REFL

Tabelle 18 (Fortsetzung)

46	359,94645	56,65260716		1	296,478
47	-2691,51008	44,96770761	SIO2HL	1,56018811	306,182
48	-306,711407	3,572848114		1	310,034
49	742,794849	27,51408106	SIO2HL	1,56018811	310,324
50	-5522,84952	-0,960213691		1	309,836
51	0	1,905954202		1	308,384
52	286,444693	47,52996513	SIO2HL	1,56018811	309,936
53	2180,55421	0,940628914		1	306,14
54	223,755941	47,20113369	SIO2HL	1,56018811	282,118
55	764,2653	0,937188691		1	273,64
56	142,961746	51,14510511	SIO2HL	1,56018811	221,778
57	594,670868	0,91280099		1	207,25
58	120,817932	25,60552721	SIO2HL	1,56018811	154,022
59	234,539697	0,813496277		1	132,74
60	117,536405	41,01820363	SIO2HL	1,56018811	112,148
61	0	2,00024195	H2OV193	1,43667693	40,986
62	0	-0,00024161		1	34,006

Tabelle 19

Asphären Fl. Nr.	K	C1	C2	C3	C4	C5	C6
6	0	1,81054E-09	-2,31090E-14	9,96078E-19	-1,12802E-23	7,07088E-29	-6,95390E-34
12	0	-8,90600E-10	-1,51217E-13	4,88272E-21	8,25531E-23	-2,79550E-27	2,35098E-31
14	0	-3,34713E-09	5,94735E-14	-1,82452E-19	-1,16648E-23	7,22990E-28	-2,74308E-32
17	0	3,34713E-09	-5,94735E-14	1,82452E-19	1,16648E-23	-7,22990E-28	2,74308E-32
19	0	8,90600E-10	1,51217E-13	-4,88272E-21	-8,25531E-23	2,79550E-27	-2,35098E-31
25	0	-1,81054E-09	2,31090E-14	-9,96078E-19	1,12802E-23	-7,07088E-29	6,95390E-34
34	0	-2,09777E-09	-5,69167E-14	-2,08879E-19	3,29541E-23	6,66605E-28	-1,96222E-32
45	0	-7,23645E-09	1,09023E-13	-3,10776E-18	3,84103E-22	-9,66600E-27	-8,74269E-32
47	0	-7,61174E-09	2,65544E-13	-7,37805E-18	3,19143E-22	-2,12393E-26	5,21669E-31
53	0	4,28502E-10	4,33345E-13	-2,08439E-17	2,18135E-22	5,73143E-27	-1,02762E-31
57	0	8,39683E-09	8,08208E-13	-6,65945E-17	5,13258E-21	-3,16949E-25	8,16626E-30
59	0	4,78541E-08	6,68577E-12	-1,88747E-16	-1,54458E-20	1,63093E-23	-1,04350E-27

Tabelle 20

j127o

Fl. Nr.	Radius	Dicke/Abstand	Material	refr. Index	fr. Durchm.
0	0	40		1	136
1	0	0		1	162,23
2	0	10	SIO2HL	1,56018811	162,23
3	0	90,00136568		1	166,306
4	0	126,9754212		1	225,326
5	287,871657	87,61804518	SIO2HL	1,56018811	346,638
6	-714,813191	72,13214669		1	344,79
7	332,204484	30,00699117	SIO2HL	1,56018811	277,208
8	228,934009	86,52185874		1	251,744
9	-225,793329	15	SIO2HL	1,56018811	247,436
10	-736,477377	88,69950684		1	257,478
11	-223,422523	15	SIO2HL	1,56018811	267,924
12	-670,949887	43,07304995		1	295,618
13	-220,819788	15	SIO2HL	1,56018811	298,228
14	-499,016297	39,4948838		1	345,992
15	0	0		-1	474,852
16	259,210693	39,4948838		1	351,666
17	499,016297	15	SIO2HL	1,56018811	344,228
18	220,819788	43,07304995		1	289,47
19	670,949887	15	SIO2HL	1,56018811	283,008
20	223,422523	88,69950684		1	252,278
21	736,477377	15	SIO2HL	1,56018811	225,524
22	225,793329	86,52185874		1	212,25
23	-228,934009	30,00699117	SIO2HL	1,56018811	210,37
24	-332,204484	72,13214669		1	222,306
25	714,813191	87,61804518	SIO2HL	1,56018811	234,366
26	-287,871657	150,4821633		1	232,45
27	0	116,4962314		1	163,22
28	0	24,99582853		1	242,07
29	608,165543	38,78395838	SIO2HL	1,56018811	269,198
30	-633,325408	0,947612575		1	271,334
31	344,637109	45,34004131	SIO2HL	1,56018811	276,98
32	-62952,622	76,39801942		1	273,248
33	-217,488195	8,998996112	SIO2HL	1,56018811	261,15
34	996,855971	54,49706951		1	280,182
35	-688,700451	54,41929128	SIO2HL	1,56018811	298,924
36	-219,471564	1,418978688		1	304,346
37	431,058008	15,20870568	SIO2HL	1,56018811	294,528
38	192,067389	63,01795094		1	278,474
39	987,105089	32,04274664	SIO2HL	1,56018811	290,984
40	-891,544249	0,948742302		1	294,704
41	677,684124	41,63748934	SIO2HL	1,56018811	308,902
42	-818,475719	0,949203181		1	309,902
43	325,99568	57,4047341	SIO2HL	1,56018811	307,608
44	13052,304	36,34195774		1	299,756
45	-390,220688	9,497543304	SIO2HL	1,56018811	297,718

REFL
REFL

Tabelle 20 (Fortsetzung)

46	350,704764	54,90641556		1	297,02
47	-2978,76559	46,68826821	SIO2HL	1,56018811	306,046
48	-300,028769	0,944451222		1	310,008
49	871,548118	27,20190252	SIO2HL	1,56018811	310,024
50	-2770,02197	-1,193616306		1	309,682
51	0	2,132719511		1	308,032
52	271,299915	46,98951537	SIO2HL	1,56018811	309,962
53	1226,61461	0,930593484		1	305,892
54	234,802856	49,00464753	SIO2HL	1,56018811	284,866
55	1226,61461	0,922464986		1	276,644
56	137,676807	51,75763941	SIO2HL	1,56018811	217,64
57	542,765286	0,899139131		1	202,58
58	118,289771	24,20432254	SIO2HL	1,56018811	149,71
59	209,420984	0,848851855		1	127,784
60	116,984714	40,14644803	SIO2HL	1,56018811	110,648
61	0	2,000071048	H2OV193	1,43667693	40,976
62	0	-0,00007074		1	34,002

Tabelle 21

Asphären Fl.Nr.	K	C1	C2	C3	C4	C5	C6
6	0	1,69174E-09	-2,05881E-14	1,03251E-18	-1,12193E-23	3,90449E-29	-5,29045E-34
12	0	-1,41589E-09	-1,57552E-13	1,25094E-18	2,21664E-23	2,23065E-28	1,88935E-31
14	0	-3,46732E-09	6,26464E-14	-3,07498E-19	-8,03587E-24	6,53890E-28	-3,03891E-32
17	0	3,46732E-09	-6,26464E-14	3,07498E-19	8,03587E-24	-6,53890E-28	3,03891E-32
19	0	1,41589E-09	1,57552E-13	-1,25094E-18	-2,21664E-23	-2,23065E-28	-1,88935E-31
25	0	-1,69174E-09	2,05881E-14	-1,03251E-18	1,12193E-23	-3,90449E-29	5,29045E-34
34	0	-2,08973E-09	-3,21415E-14	-4,89621E-19	4,99266E-23	6,37920E-29	-1,16558E-32
45	0	-9,02991E-09	1,92955E-13	-2,66461E-18	2,63723E-22	-8,86762E-27	-3,54012E-32
47	0	-6,06114E-09	1,64132E-13	-4,22802E-18	1,75836E-22	-1,41128E-26	4,02240E-31
53	0	1,24264E-09	2,65702E-13	-1,73022E-17	2,87349E-22	2,96301E-27	-8,89915E-32
55	0	1,24264E-09	2,65702E-13	-1,73022E-17	2,87349E-22	2,96301E-27	-8,89915E-32
57	0	-2,48214E-09	1,65060E-12	-4,57406E-17	4,60607E-22	-6,08631E-26	2,96024E-30
59	0	6,48548E-08	5,64309E-12	-3,20630E-17	-3,28553E-20	2,51656E-23	-1,95410E-27

Patentansprüche

1. Optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld mit:
einer Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind und jeweils eine erste Linsenfläche und eine zweite Linsenfläche aufweisen,
wobei mindestens eine der Linsen eine Doppelasphärenlinse ist, bei der die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche eine asphärische Fläche ist.
2. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 1, bei dem die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse im wesentlichen symmetrisch zueinander gestaltet sind.
3. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben.
4. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.
5. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Linsenflächen und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse ähnliche Asphären in dem Sinne sind, dass sie

mit derselben Prüfoptik, gegebenenfalls bei unterschiedlichem Arbeits- oder Prüfabstand, prüfbar sind.

6. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in der Nähe einer Feldebene des Abbildungssystems angeordnet ist.
7. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in einem feldnahen Linsenbereich angeordnet ist, in dem die Hauptstrahlhöhe groß gegen die Randstrahlhöhe der Abbildung ist.
8. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Abbildungssystem ein Objektiv zur Abbildung eines in einer Zwischenfeldebene eines Beleuchtungssystems angeordneten Beleuchtungsfeldes in eine Austrittsebene des Beleuchtungssystems ist, vorzugsweise mit einem Abbildungsmaßstab zwischen ca. 1:1 und 1:4 bis 1:5..
9. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse die letzte, der Bildebene nächstliegende Linse des Abbildungssystems ist.
10. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse eine im wesentlichen symmetrische Bikonvexlinse ist.
11. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse als Meniskuslinse gestaltet, insbesondere mit bildseitiger Konvexfläche.

12. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs ist.

13. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Projektionsobjektiv ein rotationssymmetrisches, rein refraktives Projektionsobjektiv ist.

14. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Projektionsobjektiv als Zweibauchsystem mit einem objektseitigen Bauch, einem bildseitigen Bauch und einer dazwischen liegenden Taille ausgebildet ist.

15. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem das Projektionsobjektiv ein katadioptrisches Projektionsobjektiv ist, insbesondere mit einem geometrischen Strahlteiler oder mit einem physikalischen Strahlteiler mit polarisationsselektiver Strahlteilerfläche.

16. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 15, bei dem das Projektionsobjektiv ein katadioptrisches Projektionsobjektiv mit einem reellen Zwischenbild ist und bei dem mindestens eine Doppelashärenlinse in der Nähe des Zwischenbildes angeordnet ist

17. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in der Nähe der Objektebene angeordnet ist.

18. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse die der Objektebene nächstliegende Linse des Abbildungssystems ist.

19. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse negative Brechkraft hat.
20. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse als Meniskuslinse gestaltet ist.
21. Optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld mit:
einer Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind,
wobei die Vielzahl von Linsen eine erste asphärische Linsenfläche und mindestens eine zweite asphärische Linsenfläche aufweist und die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind.
22. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 21, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben.
23. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 21 oder 22, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.
24. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche an der gleichen Linse (Doppelasphärenlinse) ausgebildet sind.

25. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche an unterschiedlichen Linsen ausgebildet sind.

26. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, bei dem zwischen der ersten asphärischen Linsenfläche und der zweiten asphärischen Linsenfläche mindestens eine andere optische Fläche angeordnet ist.

27. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 26, bei dem das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs ist.

28. Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit:
einer Lichtquelle;

einem Beleuchtungssystem; und

einem Projektionsobjektiv,

wobei mindestens ein optisches Abbildungssystem des Beleuchtungssystems und/oder das Projektionsobjektiv als Abbildungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20 oder einem der Ansprüche 21 bis 27 ausgebildet ist.

29. Designverfahren zur Erzeugung eines optisches Abbildungssystems für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Abbildungssystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld vorgesehen ist und eine Vielzahl von Linsen aufweist, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind, und wobei zur Beeinflussung der Abbildung eine

Bereitstellung einer Asphärenwirkung mindestens einer asphärischen optischen Fläche zugelassen ist mit:

Berechnung einer ersten asphärischen Linsenfläche und mindestens einer zweiten asphärischen Linsenfläche derart, dass eine Kombination der ersten und der zweiten asphärischen Linsenfläche zur Erzeugung der Asphärenwirkung ausgebildet ist und dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind.

30. Designverfahren nach Anspruch 29, bei dem die Berechnung so durchgeführt wird, dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben.

31. Designverfahren nach Anspruch 29 oder 30, bei dem die Berechnung so durchgeführt wird, dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.

Zusammenfassung

Ein optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage dient zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld. Es kann sich insbesondere um ein Projektionsobjektiv oder um ein im Beleuchtungssystem einzusetzendes Relais-Objektiv handeln. Das Abbildungssystem hat eine Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind und jeweils eine erste Linsenfläche und eine zweite Linsenfläche aufweisen. Mindestens eine der Linsen ist eine Doppelasphärenlinse, bei der die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche eine asphärische Fläche ist. Bei Doppelasphärenlinsen ist es möglich, mit vertretbarem Aufwand bei der Oberflächenbearbeitung und Prüfung der Linsenoberflächen Linsen mit guter Qualität herzustellen, die die Wirkung einer Asphäre mit sehr starker Deformation haben

- - - - -

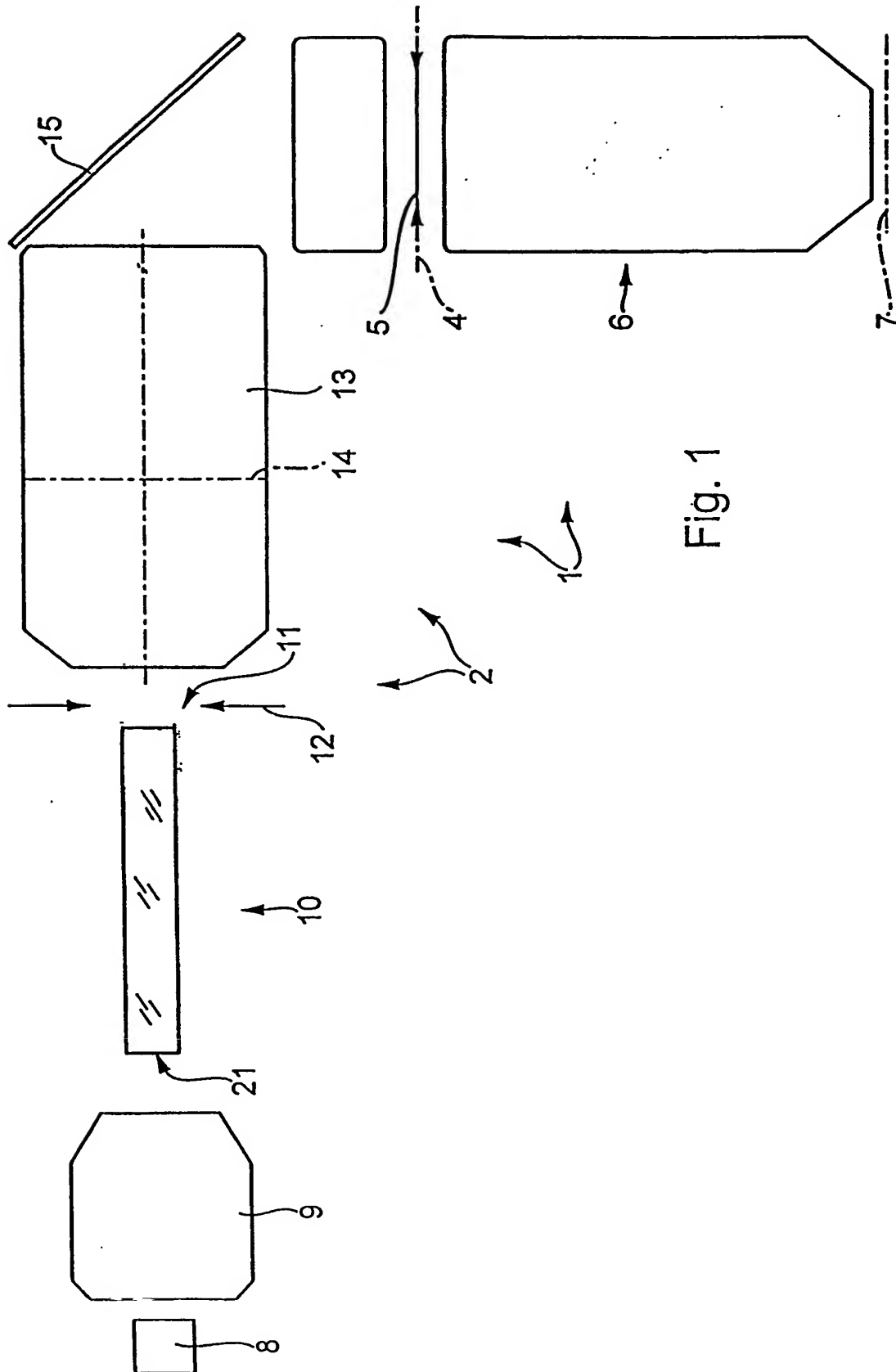
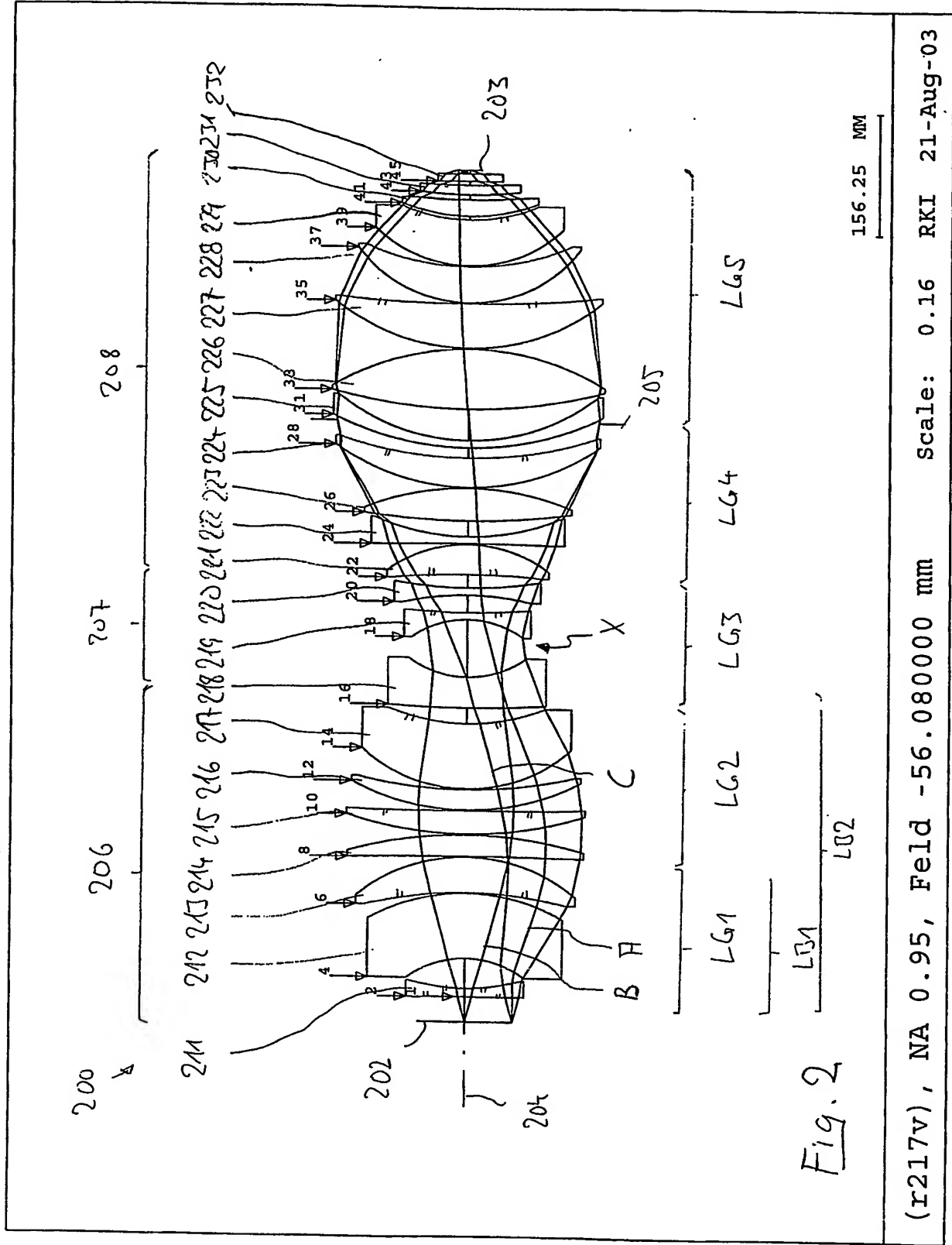


Fig. 1



3/12

P41317 DE

300
p

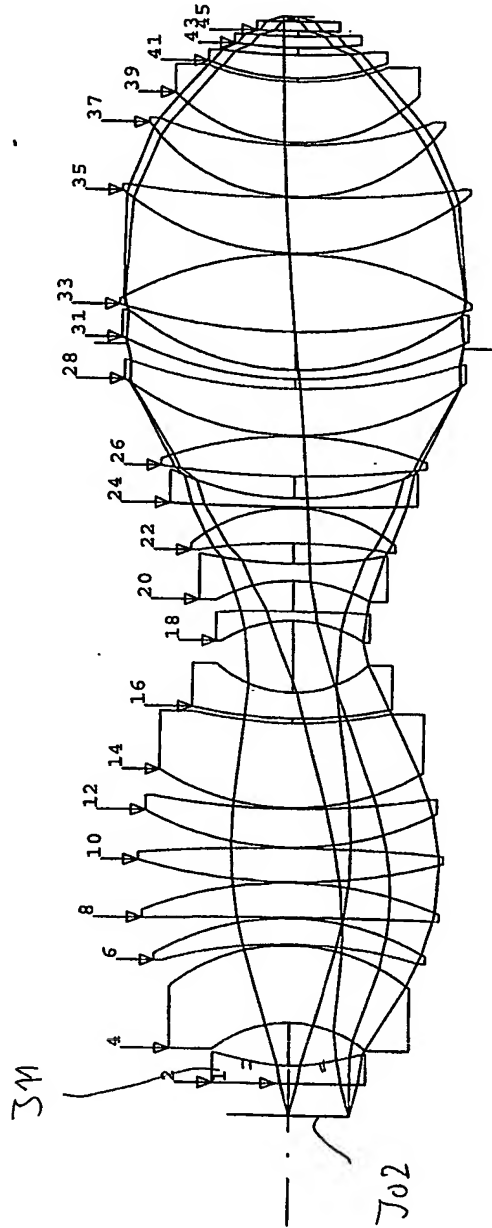


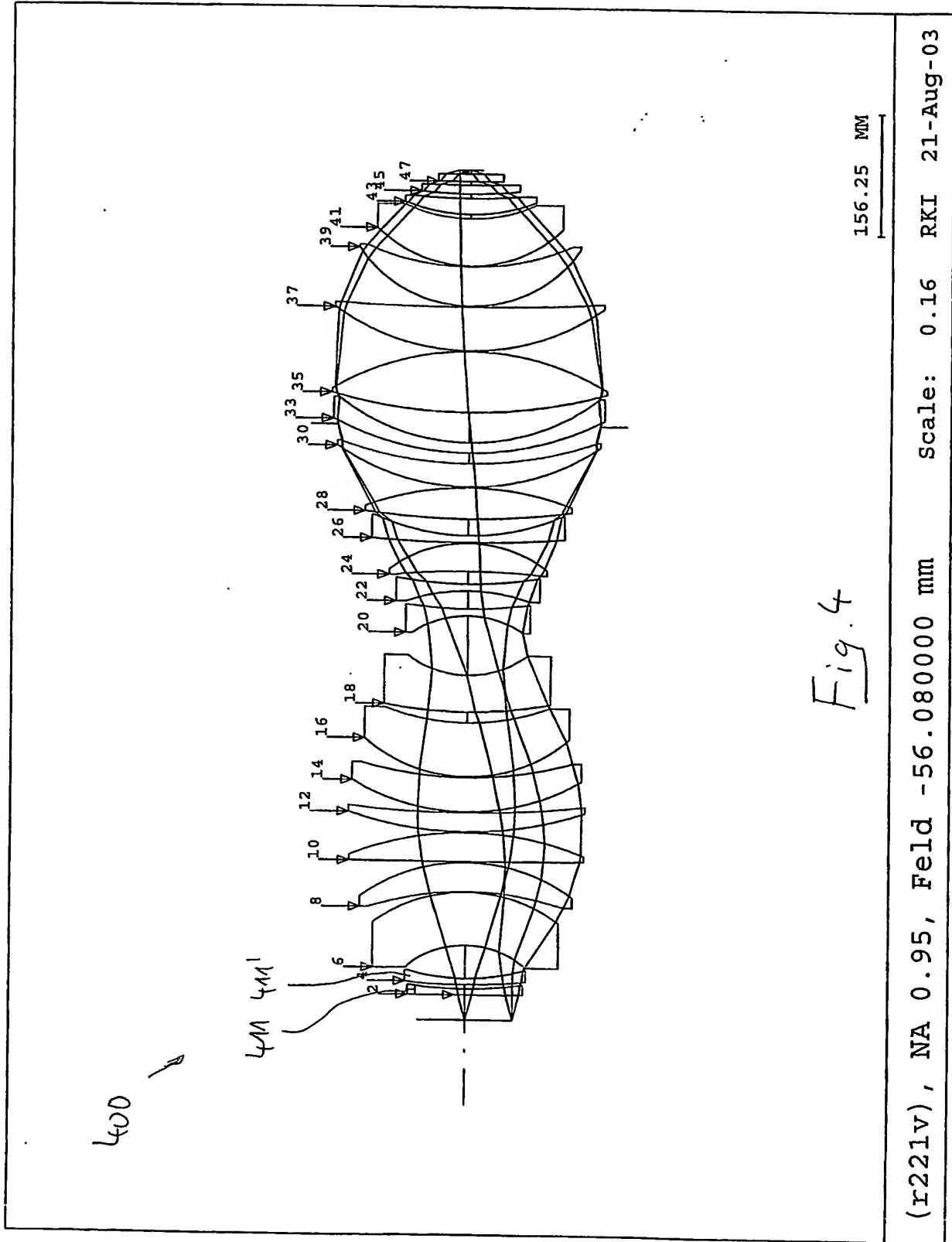
Fig. 3

156.25 mm

(r218v), NA 0.95, Feld -56.080000 mm Scale: 0.16 RKI 21-Aug-03

4/12

P41317DE



5/12

P41317 DE

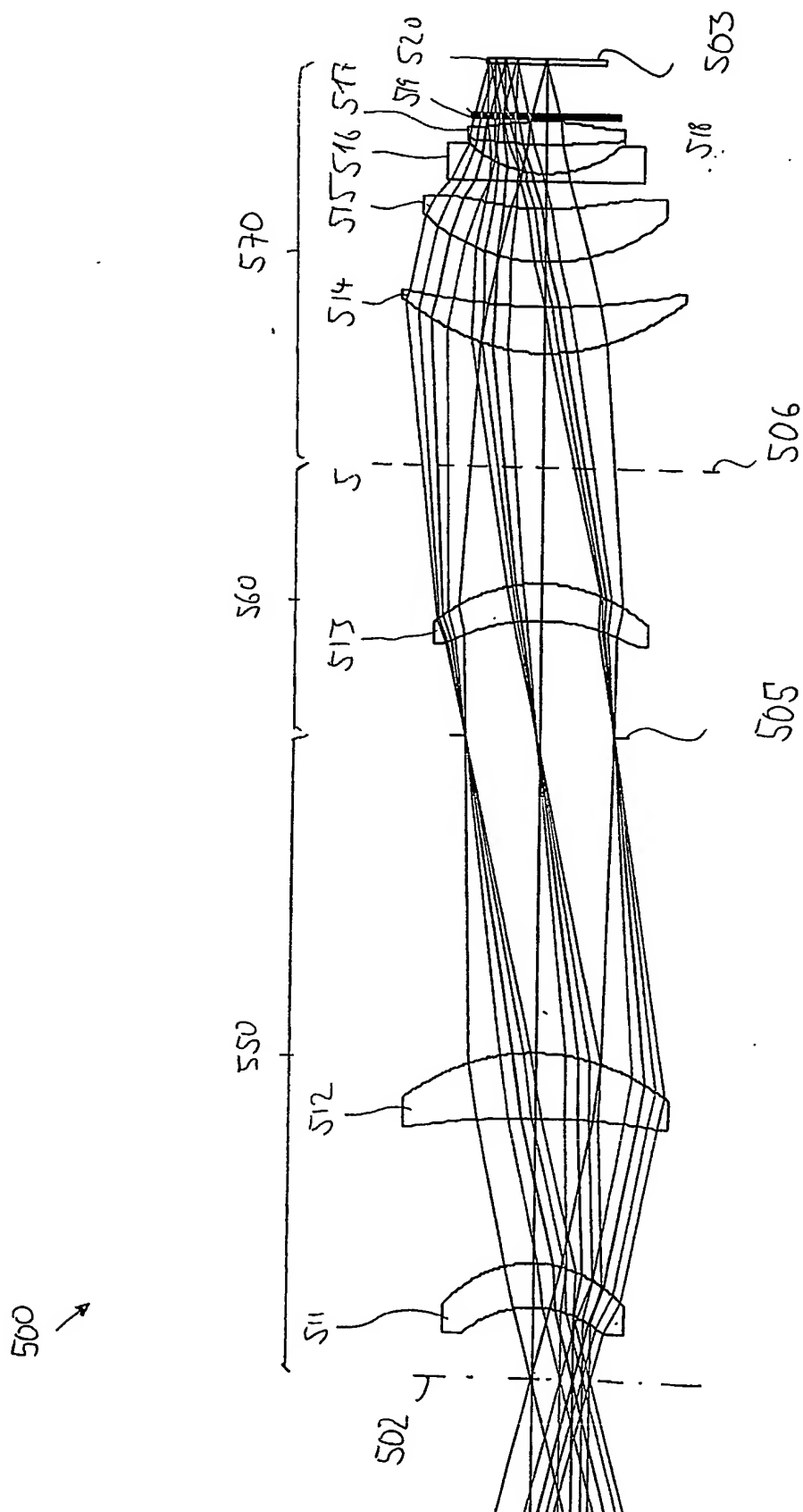


Fig. 5

6/12

P41317DE

Fig. 6

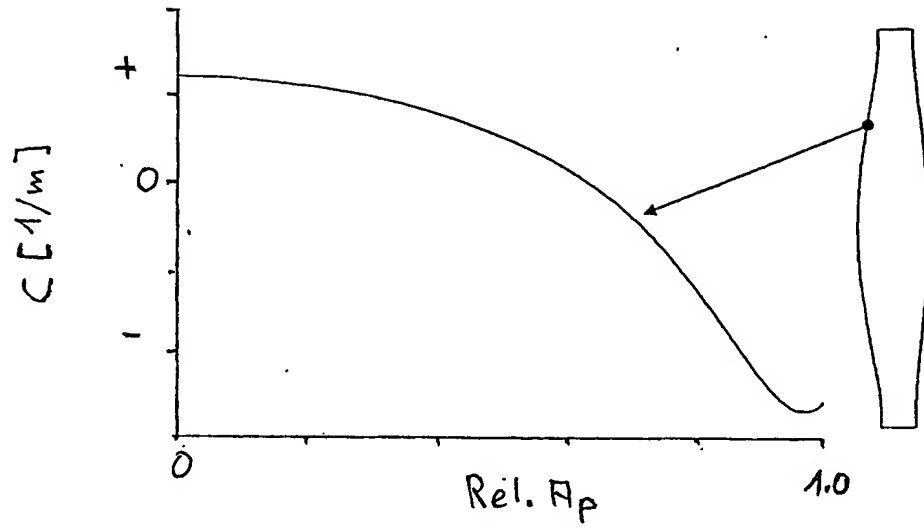


Fig. 7

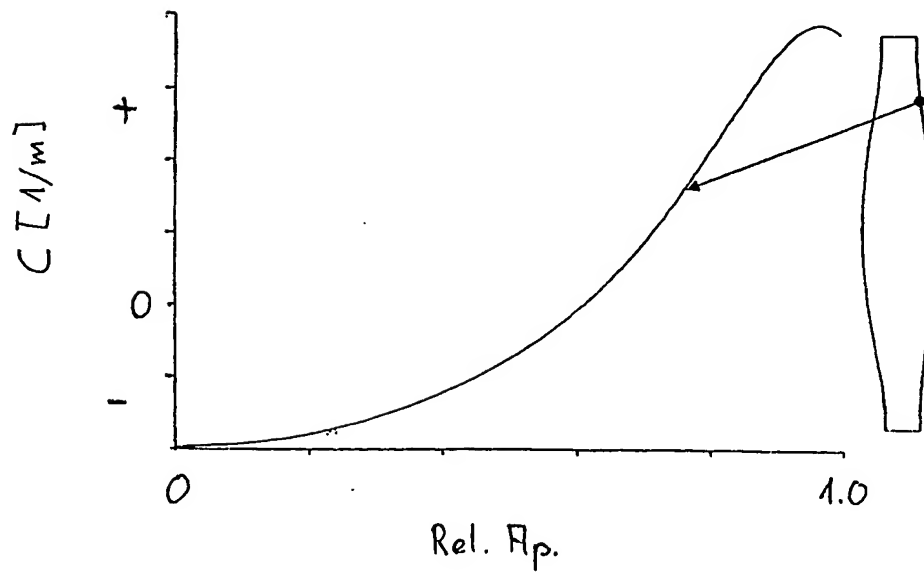


Fig. 8

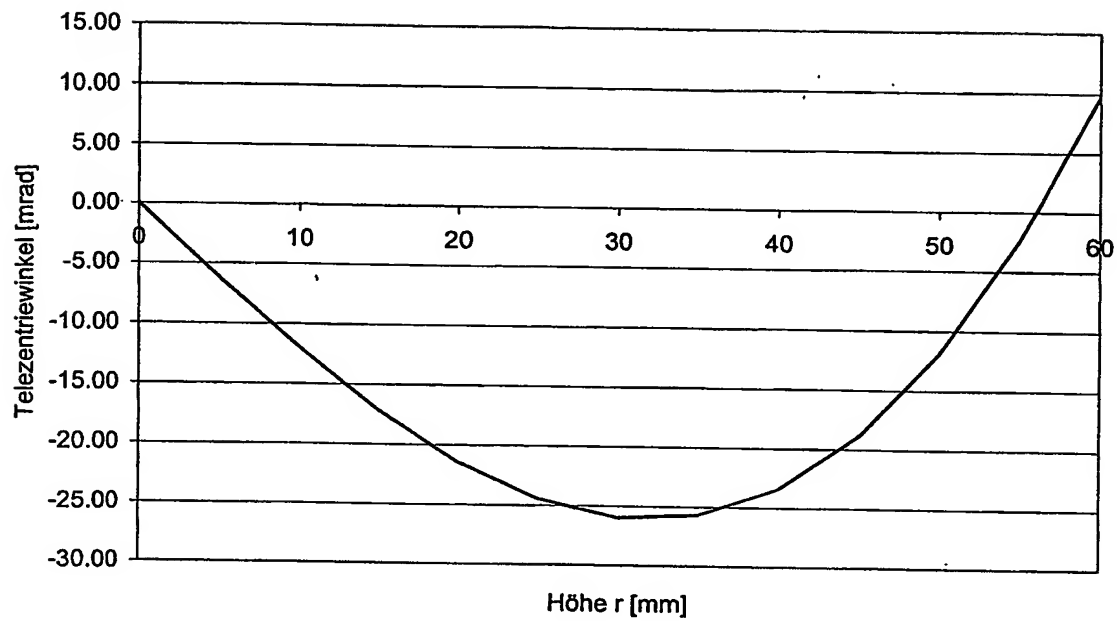


Fig. 9

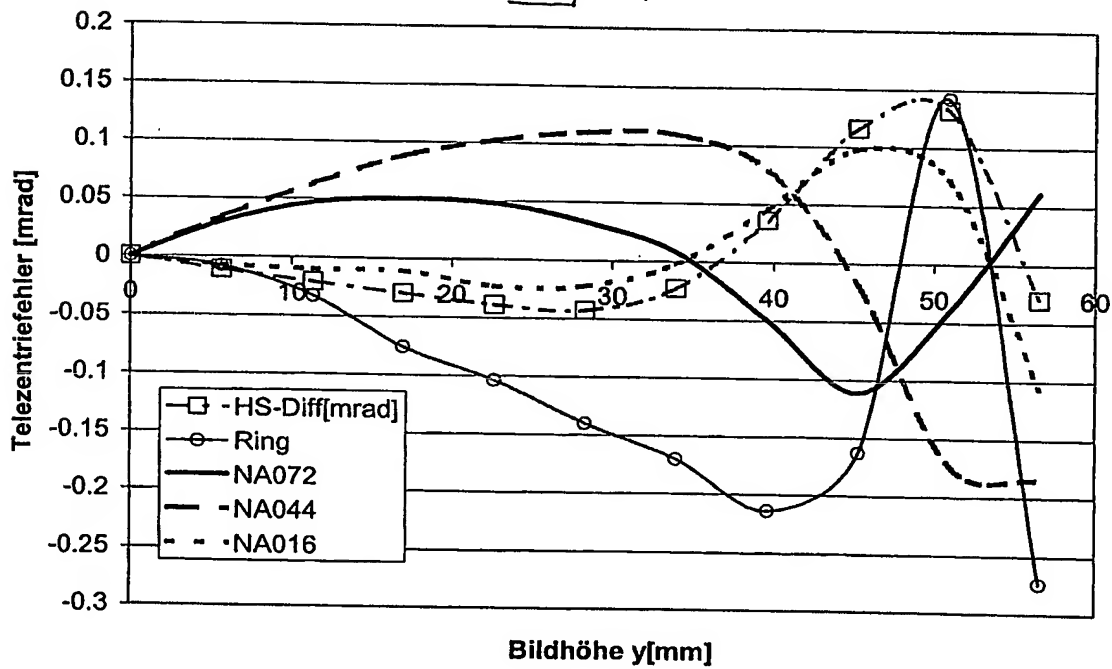
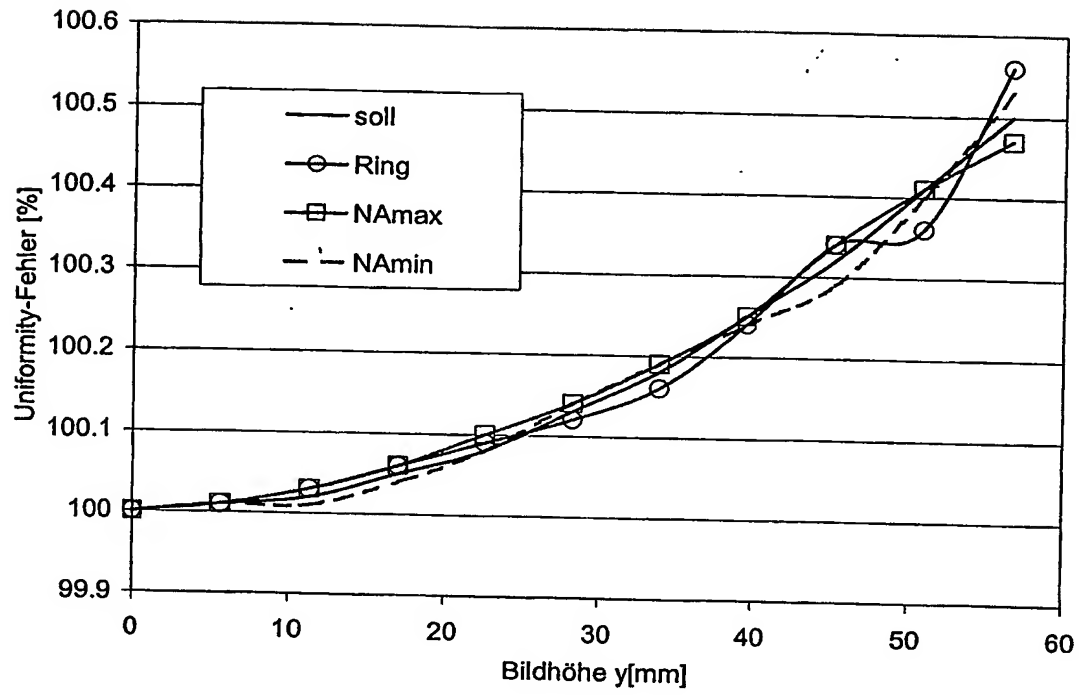


Fig. 10



9/12

P41317 DE

600

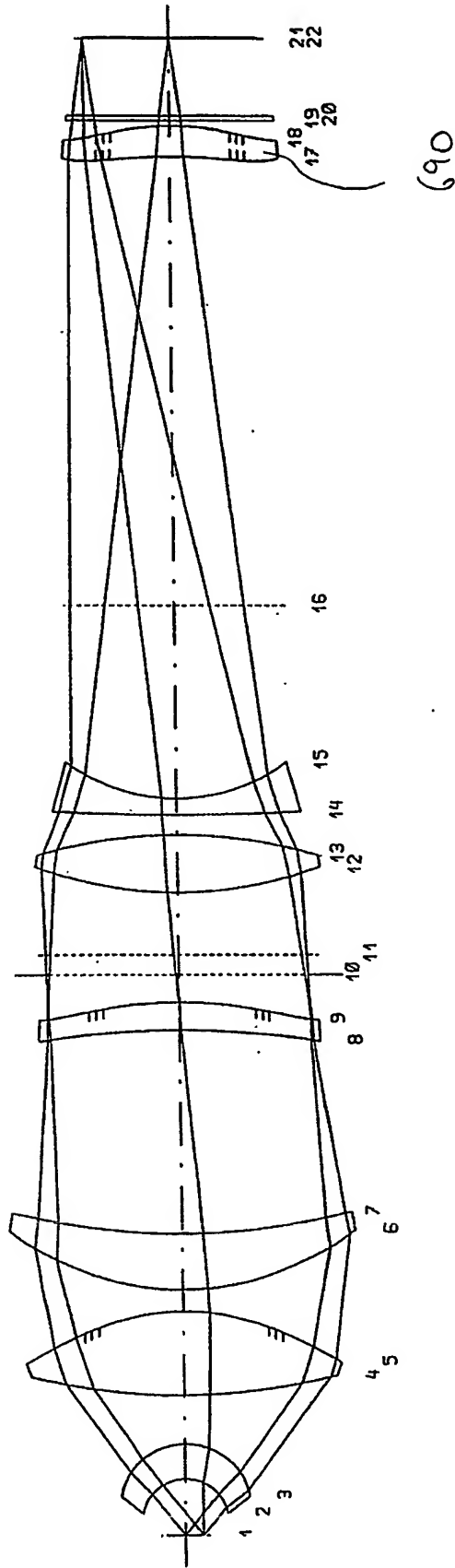
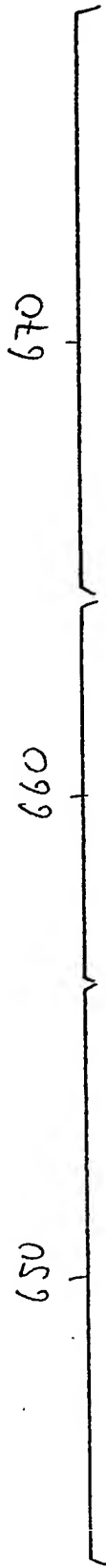


Fig. 11

10/12

P41317DE

700
x

750

760

770

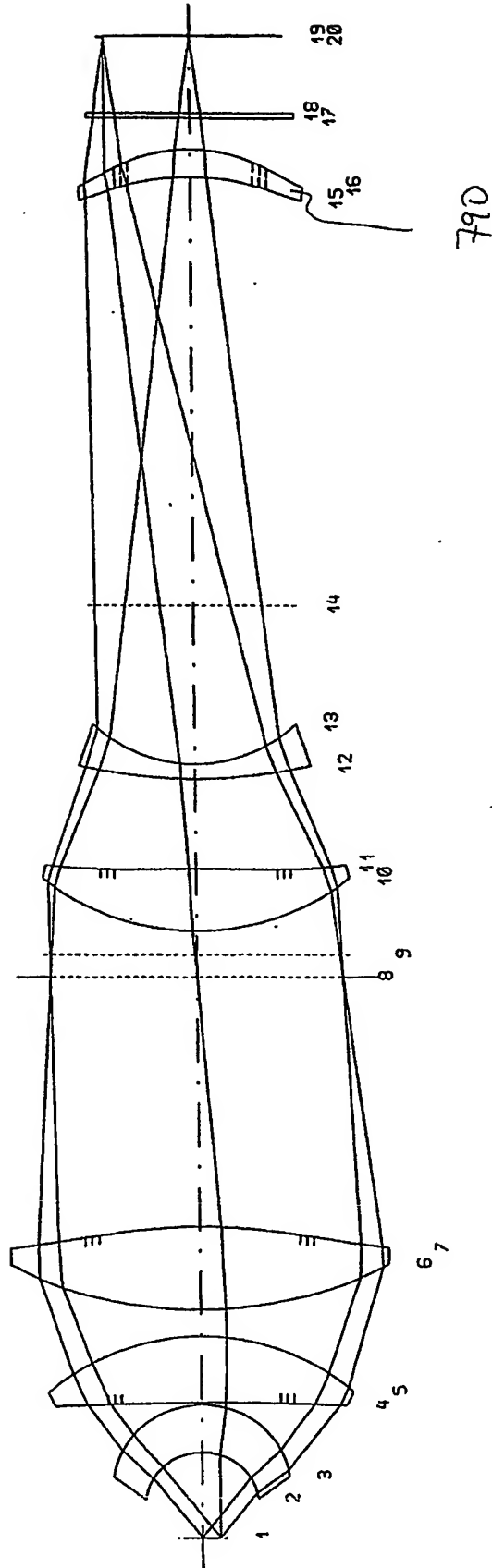


Fig. 12

11/12

P41317DE

800

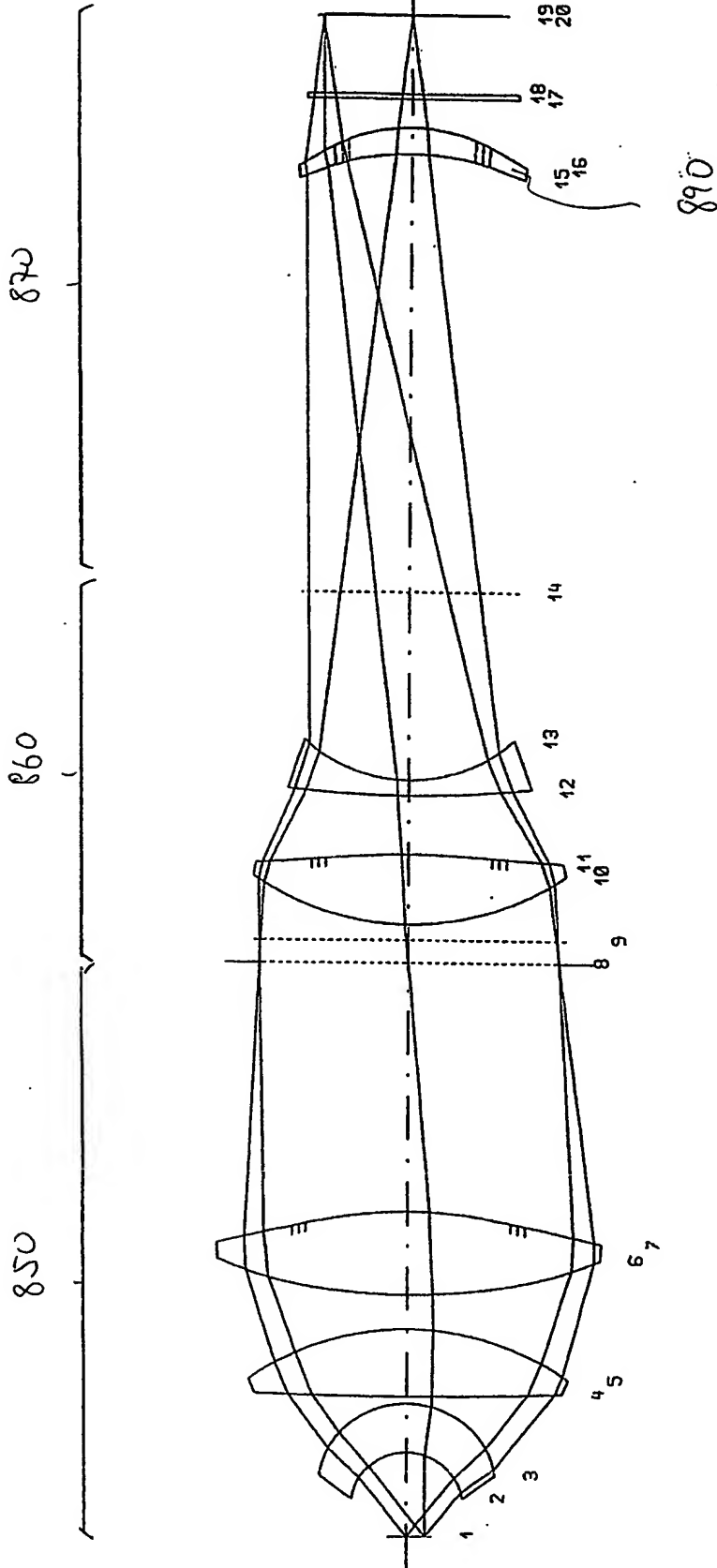


Fig. 13

Fig. 14

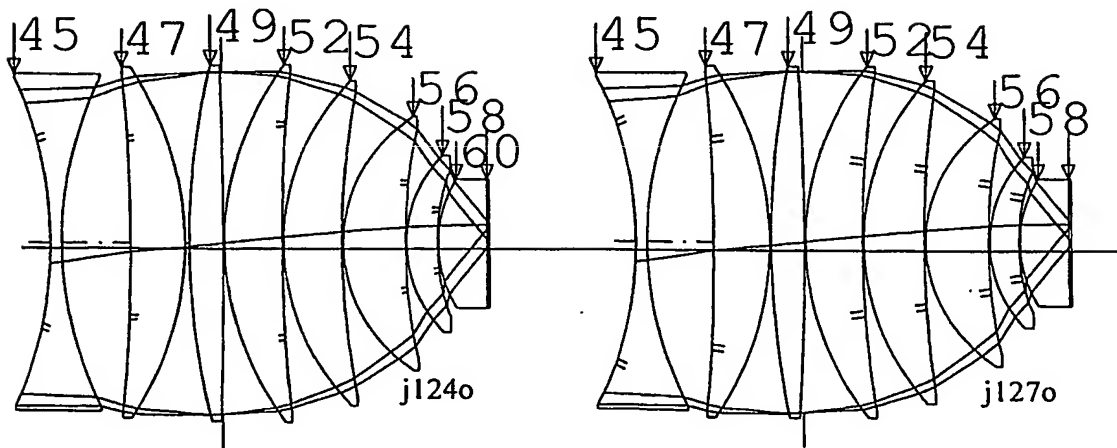
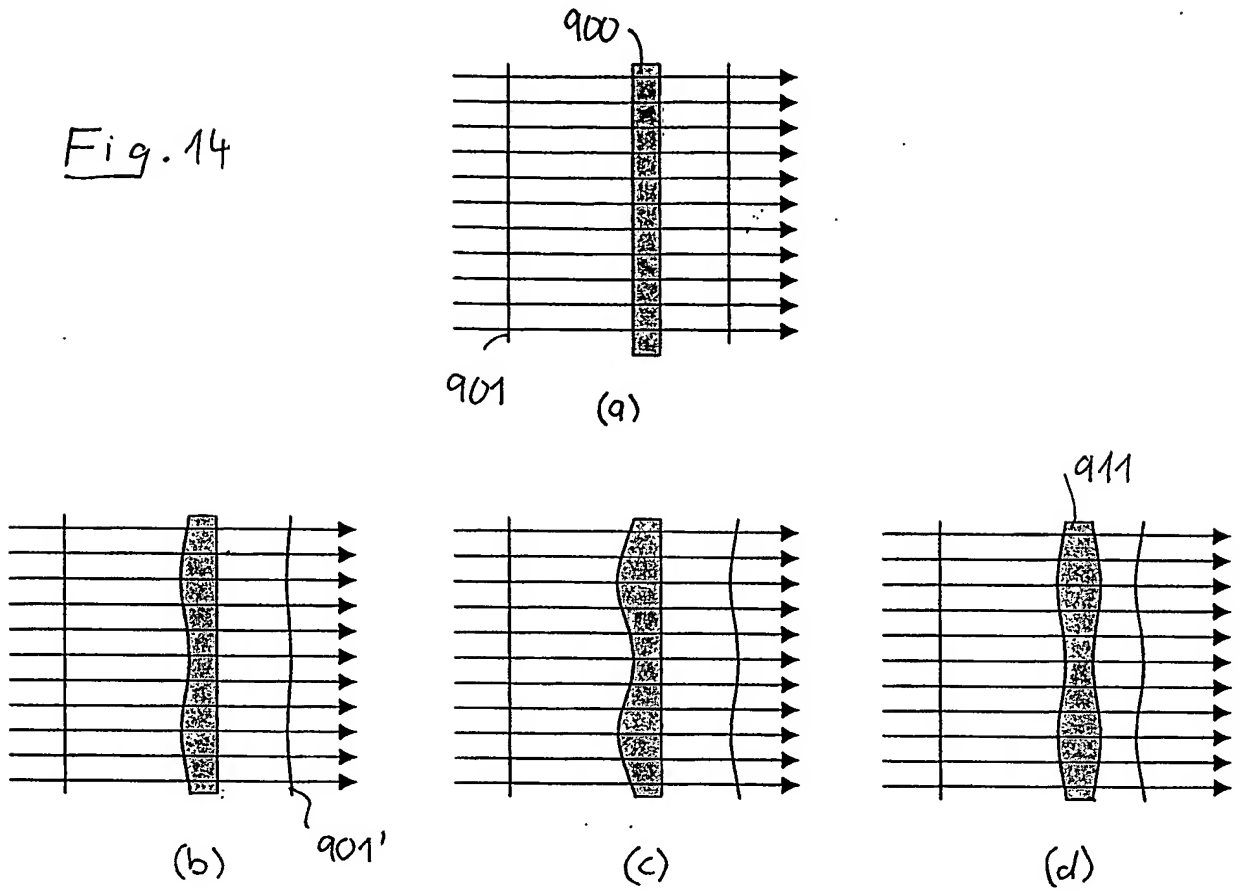


Fig. 15

Fig. 16